



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Målinger og Analyse af Indeklima og Energiforbrug i Komforthusene

Stenagervænget 45

Larsen, Tine Steen; Jensen, Rasmus Lund; Daniels, Ole

Publication date:
2012

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Larsen, T. S., Jensen, R. L., & Daniels, O. (2012). *Målinger og Analyse af Indeklima og Energiforbrug i Komforthusene: Stenagervænget 45*. Department of Civil Engineering, Aalborg University. DCE Technical reports Nr. 132

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i komforthusene - Stenagervænget 45

Tine Steen Larsen
Rasmus Lund Jensen
Ole Daniels



Måleprogram For
Aalborg Universitet
Institut for Byggeri og Anlæg
Sektion for Architectural Engineering

DCE Technical Report No. 132

Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i komforthusene

- Stenagervænget 45

Tine Steen Larsen
Rasmus Lund Jensen
Ole Daniels

Januar 2012

© Aalborg Universitet

Videnskabelige publikationer ved Institut for Byggeri og Anlæg

Technical Reports anvendes til endelig afrapportering af forskningsresultater og videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg på Aalborg Universitet. Serien giver mulighed for at fremlægge teori, forsøgsbeskrivelser og resultater i fuldstændig og uforkortet form, hvilket ofte ikke tillades i videnskabelige tidsskrifter.

Technical Memoranda udarbejdes til præliminær udgivelse af videnskabeligt arbejde udført af ansatte ved Institut for Byggeri og Anlæg, hvor det skønnes passende. Dokumenter af denne type kan være ufuldstændige, midlertidige versioner eller dele af et større arbejde. Dette skal holdes in mente, når publikationer i serien refereres.

Contract Reports benyttes til afrapportering af rekvireret videnskabeligt arbejde. Denne type publikationer rummer fortroligt materiale, som kun vil være tilgængeligt for rekvirenten og Institut for Byggeri og Anlæg. Derfor vil Contract Reports sædvanligvis ikke blive udgivet offentligt.

Lecture Notes indeholder undervisningsmateriale udarbejdet af undervisere ansat ved Institut for Byggeri og Anlæg. Dette kan være kursusnoter, lærebøger, opgavekompendier, forsøgsmanualer eller vejledninger til computerprogrammer udviklet ved Institut for Byggeri og Anlæg.

Theses er monografier eller artikelsamlinger publiceret til afrapportering af videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg som led i opnåelsen af en ph.d.- eller doktorgrad. Afhandlingerne er offentligt tilgængelige efter succesfuldt forsvar af den akademiske grad.

Latest News rummer nyheder om det videnskabelige arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg med henblik på at skabe dialog, information og kontakt om igangværende forskning. Dette inkluderer status af forskningsprojekter, udvikling i laboratorier, information om samarbejde og nyeste forskningsresultater.

Udgivet 2012 af
Aalborg Universitet
Institut for Byggeri og Anlæg
Sohngårdsholmsvej 57,
DK-9000 Aalborg, Danmark

Trykt i Aalborg på Aalborg Universitet

ISSN 1901-726X
DCE Technical Report No. 132

Forord

Denne rapport beskriver måleprogram og resultater for Komforthuset beliggende Stenagervænget 45, Skibet, 7100 Vejle. Måleprogrammet er gennemført af Aalborg Universitet i en tre-årig periode med opstart 1. oktober 2008. Rapporten giver en gennemgang af resultaterne fra ovenstående bolig. Generelle resultater fundet for alle huse i projektet findes i rapporten *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*. Desuden henvises til rapporten "Vurdering af indeklimaet i hidtidigt lavenergibyggeri - med henblik på forbedringer i fremtidens lavenergibyggeri", som er udgivet fra Aalborg Universitet i januar 2011 (se referenceliste)

Aalborg Universitet, januar 2012
Tine Steen Larsen
Lektor

Indholdsfortegnelse

1. Forudsætninger for analyser af energiforbrug og indeklima	9
1.1 Beboerprofil for Stenagervænget 45	9
2. Krav til indeklima og energiforbrug	11
2.1 Termisk indeklima	11
2.2 Atmosfærisk indeklima	12
2.3 Dagslys	14
2.4 Akustisk indeklima	15
2.5 Vurderingskriterier oversigt	17
2.6 Energiforbrug	18
2.7 Overholdelse af passivhus-kriterierne	18
2.8 Overholdelse af passivhus-anbefalingerne	18
3. Beskrivelse af huset	19
3.1 Husets varmeforsyning	20
3.2 Be06 / PHPP nøgletal	21
3.3 Problemer i huset	22
4. Beskrivelse af målinger	23
4.1 Løbende målinger	23
4.2 Spotmålinger (registreres under enkeltdags besøg i huset)	26
4.3 Yderligere målinger/beregninger	27
5. Resultater for indeklima-analyser	29
5.1 Termisk indeklima	29
5.2 Opsamling: Termisk indeklima	37
5.3 Atmosfærisk indeklima – luftkvalitet	40
5.4 Opsamling: Atmosfærisk indeklima – luftkvalitet	46
5.5 Atmosfærisk indeklima - fugt	48
5.6 Opsamling: Atmosfærisk indeklima – fugt	57
5.7 Dagslysforhold	59
5.8 Akustisk indeklima	60
6. Energiforbrug	63
6.1 Overholdelse af passivhus-kriterierne	63
6.2 Overholdelse af passivhus-anbefaling om maks 10% overtemperatur	63
7. Installationer	65
8. Kildeliste	67
9. Bilag A – Oprindelig version af indeklimavurdering	69
9.1 Termisk indeklima	69
9.2 Atmosfærisk indeklima	69
9.3 Dagslys	70
9.4 Akustisk indeklima	71
10. Bilag B – Termisk indeklima	75
10.1 Generel situation hele året	75
10.2 Sommersituation	79
10.3 Vintersituation	82
10.4 Forårssituation	85
10.5 Efterårssituation	88
11. Bilag C – Atmosfærisk indeklima (luftkvalitet)	91
11.1 Cirkeldiagrammer DS/EN 15251	91
11.2 Cirkeldiagrammer CR1752	99
12. Bilag D – Atmosfærisk indeklima (fugt)	107
12.1 Cirkeldiagrammer DS/EN 15251	107
12.2 Cirkeldiagrammer CR1752	117
13. Bilag E: Placering af målere	127

1. Forudsætninger for analyser af energiforbrug og indeklima

Da Komforthusene ikke som forventet blev solgt da måleprogrammet startede, er der i flere af husene også målt i perioder, hvor husene har stået ubeboede. Da flere af vurderingerne i projektet kræver beboere, har det derfor været nødvendigt for nogle af analyserne, at konstruere et kunstigt år ud fra de måneder, hvor der er beboere i husene. I de tilfælde, hvor det "kunstige år" er brugt, er dette nævnt i analysen.

1.1 Beboerprofil for Stenagervænget 45

I den tid der er udført målinger i huset, har der boet en familie i det tidsrum som kan ses på Figur 1.1.

Måned	jan-09	feb-09	mar-09	apr-09	maj-09	jun-09	jul-09	aug-09	sep-09	okt-09	nov-09	dec-09	jan-10	feb-10	mar-10	apr-10	maj-10	jun-10	jul-10	aug-10	sep-10	okt-10	nov-10	dec-10	jan-11	feb-11	mar-11	apr-11	maj-11	jun-11	jul-11	aug-11	sep-11
Beboet																																	

Figur 1.1: Beboerprofil for Stenagervænget 45 i tidsrummet, hvor måleprojektet har forløbet.

Familien består af to voksne og to børn (teenagere), som har boet i huset i 1½ år ved måleprogrammets afslutning.

2. Krav til indeklima og energiforbrug

Vurdering af målingerne foretages for det termiske og atmosfæriske indeklima ved brug af retningslinjerne opstillet i DS/EN 15251 (*Input-parametre til indeklimaet ved design og bestemmelse af bygningers energimæssige ydeevne vedrørende indendørs luftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustik*). I projektets oprindelige analyser fra 2008 blev der taget udgangspunkt i "DS/EN/CR 1752, *Ventilation i bygninger – Projekteringskriterier for indeklimaet*", men da de fleste i dag bruger DS/EN 15251, følger analyserne i denne rapport hovedsageligt sidstnævnte standard, men der er indsamlet inspiration til vurderingerne fra flere forskellige kilder til, hvordan måleresultater kan vurderes, hvilket fremgår af de følgende afsnit. Det oprindelige udkast til vurdering af indeklima er vedlagt som bilag A.

Der er i konkurrenceprogrammet for Komforthusene ikke stillet konkrete krav om opfyldelse af et specifikt niveau, men da husene markedsføres som Komforthuse, bør kategori II som minimum være opfyldt. Denne kategori svarer til et normalt forventningsniveau og bør bruges i alle nye byggerier og renoveringer [DS/EN 15251, 2007]. Måleresultaterne fra målingerne af temperatur, relativ fugtighed og CO₂-niveau vil derfor blive holdt op mod en opfyldelse af dette. Kravene til den termiske og atmosfæriske komfort ud fra DS/EN 15251 er gennemgået i afsnit 2.1 og 2.2. Krav til dagslysfaktoren i centrale rum i huset gennemgås i afsnit 2.3 og tager udgangspunkt i BR08. Krav til det akustiske indeklima tager udgangspunkt i DS490, *Lydklassifikation af boliger* og gennemgås i afsnit 2.4.

Ved vurdering af energiforbruget i de enkelte bygninger vil dette både blive vurderet ift forskellige typer af forbrug og ift en opfyldelse af passivhus-kriterierne og passivhus-anbefalingerne. Dette er yderligere beskrevet i afsnit 2.6-2.8.

2.1 Termisk indeklima

For at kunne opstille et krav til det termiske indeklima, skal et aktivitetsniveau i huset antages. Her er der brugt 1,2 met, hvilket svarer til stillesiddende aktivitet. Der opstilles i Tabel 2.1 temperaturintervaller for både kategori I, II og III, som måledata vil blive holdt op imod.

Aktivitetsniveau [met]			1,2		
Kategori			I	II	III
Operativ temperatur	[°C]	Sommer	24,5 ± 1,0	24,5 ± 1,5	24,5 ± 2,5
		Vinter	22,0 ± 1,0	22,0 ± 2,0	22,0 ± 3,0

Tabel 2.1. Krav til temperatur for hhv. kategori I, II og III. [DS/EN 15251, 2007]

Da projektet startede i 2008, var der i bygningsreglementet ingen specifikke krav til det termiske indeklima, men der stod under stk. 6.2.1, stk. 1 at:

"Bygninger skal opføres, så der under den tilsigtede brug af bygningerne i de rum, hvor personer opholder sig i længere tid, kan opretholdes sundhedsmæssigt tilfredsstillende temperaturer under hensyn til den menneskelige aktivitet i rummene." [Br08]

I bygningsreglementet 2010 er der for lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020 defineret krav om, at det termiske indeklima skal

dokumenteres i kritiske rum. Her må temperaturen maksimalt overstige 26 °C i 100 timer og 27 °C i 25 timer pr. år.

2.1.1 Kriterier for overholdelse af kategori

I DS/EN 15251 er en metode, til vurdering af hvornår en komfortklasse er overholdt, præsenteret. I *Annex G – Anbefalede kriterier for acceptable afvigelser*, er det anbefalet at benytte 3 eller 5 % som maksimal afvigelse, hvilket på månedsbasis vil svare til 22 og 36 timer og på årsbasis til 259 og 432 timer. Det vælges i projektet at benytte dette kriterium som vurderingsparameter for om kategori II er overholdt. [DS/EN 15251, 2007].

På månedsbasis vurderes desuden ud fra afvigelser på 12 og 25 %, som anbefales i udkastet til "*Definition of the indoor environmental quality- Used for Net Zero Energy Buildings (NetZEB)*" udarbejdet i Strategisk forskningscenter for Energineutralt byggeri.

Vurdering af Passivhus-anbefaling for overtemperatur

Passivhusinstituttet anbefaler, at der maks. 10% af tiden forekommer temperaturer over 25°C. Denne anbefaling vil blive kontrolleret for hver måned samt på årsbasis.

Vurdering af overtemperatur ift danske BR-10 krav til lavenergibyggeri

I forbindelse med overtemperatur evalueres der i forhold til de maksimalt 100 timer over 26 °C og 25 timer over 27 °C i kritiske rum. Denne undersøgelse passer med de termisk opstillede krav efter kategori II, hvor komforttemperaturen går fra 23 til 26 °C med sommerbeklædning.

Vurdering af problemer med utilstrækkelig opvarmning

For at vurdere, om der er problemer med utilstrækkelig opvarmning, er der til dette projekt opstillet følgende krav med inspiration fra overtemperaturkravene fra BR10 til lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020. De 100 og 25 timer benyttes ligeså, men ved temperaturer under henholdsvis 20 °C og 19 °C. Disse krav passer i forhold til vinterbeklædning i kategori II.

2.2 Atmosfærisk indeklima

Som indikator for luftkvaliteten i huset vurderes både CO₂-niveauet i huset samt den relative luftfugtighed. Dog er bidrag fra fx menneskelige bioeffluenter samt afgang af materialer også noget der spiller ind på vores vurdering af luftkvaliteten i et rum. Dette er dog ikke målbart på samme måde, som ovenstående parametre, men vurderes i stedet bl.a. via vores lugtesans. Fælles for alle påvirkningerne af det atmosfæriske indeklima er, at antallet af utilfredse reduceres, når ventilationsmængden forøges, men en forøget ventilationsmængde resulterer samtidig i et forøget energiforbrug, så det er her vigtigt at finde en balance. I bygningsreglementet er der ikke stillet nogle direkte krav til atmosfærisk komfort, men der stilles dog krav til en minimums ventilationsmængde i boliger [BR10, 2011].

Kriterier for både CO₂ og relativ luftfugtighed vurderes i projektet i forhold til kategori II fra DS/EN 15251. Desuden vurderes om setpunktsværdierne har været overskredet i mere end ét sammenhængende døgn. Har dette været tilfældet opfyldes kravene for atmosfærisk komfort ikke. Undersøgelsen af

om forskellige niveauer har været overskredet bliver lavet på månedsbasis, hvorimod kravet til kategori II både undersøges på måneds- og årsbasis.

2.2.1 CO₂

Der findes i dag ikke danske anbefalinger for CO₂ niveau i boliger, og resultaterne fra dette projekt vil derfor udelukkende blive evalueret i forhold til et givent niveau over ude-koncentrationen for DS/EN 15251, hvor kategori II skal overholdes.

Vurdering af CO₂ iht DS/EN 15251

Der er i DS/EN 15251 beskrevet fire klasser, hvor klasse II er sat til 500 ppm over udekonzentrationen. [DS/EN 15251, 2007]. Dette vurderingskriterium medtages i undersøgelsen. Alle fire klasser kan ses i tabellen herunder.

Kategori	CO ₂ værdi over udekonzentration
I	350
II	500
III	800
IV	>800

Tabel 2.2: Anbefalede CO₂ værdier fra DS/EN 15251.

Overskridelse af grænseværdier

Ved vurdering af CO₂-niveauet i boligen vurderes desuden antallet af perioder, hvor CO₂-niveauet i 8 sammenhængende timer overskrider kategori II. De 8 timer er valgt, da det indenfor en relativt kort periode bør være muligt at opnå et lavt niveau igen efter længere tids belastning (fx om morgenen når soveværelset forlades).

2.2.2 Relativ luftfugtighed (RF)

På samme måde som for evaluering af CO₂-niveauet benyttes DS/EN 15251 til vurdering af den relative luftfugtighed, hvor kategori II skal overholdes.

Vurdering af relativ luftfugtighed iht DS/EN 15251

I DS/EN 15251 optræder også fire kategorier for fugt. Overholdelse af disse kategorier medtages i undersøgelsen. Kategorier er vist i tabellen herunder.

Kategori	Relativ luftfugtighedsværdier
I	30-50 %
II	25-60 %
III	20-70 %
IV	<20 og >70 %

Tabel 2.3: Anbefalede relativ luftfugtighedsværdier fra DS/EN 15251.

Kontrol af RF<45%

RF<45% vurderes, da det anbefales i [SBI196] at dette kan overholdes i minimum en måned om året, da støvmider dør, når den relative luftfugtighed kommer under 45%. Ved denne undersøgelse søges efter, om der i boligen har været en sammenhængende måned hvor RF<45%. Tilladelig afvigelse er 10 timer i løbet af perioden.

Kontrol af RF>75%

RF>75% vurderes, da der her er risiko for problemer i konstruktionerne. Der tillades RF>75% i højst 1% af tiden. [SBI224]

Overskridelse af grænseværdier

Ved vurdering af RF vurderes desuden antallet af perioder, hvor RF i 24 sammenhængende timer overskrider kategori II.

2.2.3 Ventilation

I analysen af atmosfærisk komfort vil ventilationsmængden blive sammenholdt med både CO₂ og relativ luftfugtighed, for at bestemme om der i boligen er en sammenhæng imellem de forskellige trin ventilationsanlægget kører på og eventuelle afvigelser på vurderingskriterierne for CO₂ og relativ luftfugtighed. Ved at analysere grafer med disse værdier vurderes det om ventilationsmængden er tilstrækkelig samt hvorvidt det er muligt at nedjustere luftskiftet fra 0,5 h⁻¹, som er gældende i dag (=0,35 l/s pr m² opvarmet etageareal).

2.3 Dagslys

Ved vurdering af dagslysforhold i husene tages der udgangspunkt i kravene fra bygningsreglement 2008 [BR08]. Her står bl.a. i "afsnit 6.5.1. Generelt":

Bestemmelse	Vejledning
STK. 1 Arbejdsrum, opholdsrum, beboelsesrum og fælles adgangsveje skal have tilfredsstillende lys, uden at det medfører unødvendig varmebelastning.	(6.5.1, STK. 1) Tilfredsstillende lys skal vurderes i sammenhæng med de aktiviteter og arbejdsopgaver, som planlægges i rummet. Kravet om dagslys skal ses i sammenhæng med almene sundhedsmæssige aspekter af dagslyset. Mængden af dagslys har endvidere indflydelse på behovet for kunstig belysning.

Og slås der op under *dagslys* i afsnit 6.5.2 findes følgende bestemmelse og vejledning:

Bestemmelse	Vejledning
STK. 1 Arbejdsrum, opholdsrum i institutioner, undervisningslokaler, spiserum samt beboelsesrum skal have en sådan tilgang af dagslys, at rummene er vel belyste. Vinduer skal udføres, placeres og eventuelt afskærmes, så solindfald gennem dem ikke medfører overophedning i rummene, og så gener ved direkte solstråling kan undgås.	(6.5.2, STK. 1) I arbejdsrum kan dagslyset i almindelighed anses for at være tilstrækkeligt, når rudearealet ved sidelys svarer til mindst 10 pct. af gulvarealet eller ved ovenlys mindst 7 pct. af gulvareal, forudsat at ruderne har en lystransmittans på mindst 0,75. De 10 pct. og 7 pct. er vejledende ved normal placering af bygningen samt normal udformning og indretning af lokalerne. Såfremt vinduestypen er ukendt på projekteringstidspunktet, kan omregning fra karmlysningsareal til rudeareal ske ved at multiplicere karmlysningsarealet med faktoren 0,7. Rudearealet skal forøges forholdsmæssigt ved reduceret lysgennemgang (fx solafskærmende ruder) eller formindsket lysadgang til vinduerne (fx ved tætliggende bygninger). Dagslyset kan ligeledes anses for at være tilstrækkeligt, når det ved beregning eller måling kan eftervises, at der er en dagslysfaktor på 2 pct. ved arbejdspladserne. Ved bestemmelse af dagslysfaktoren tages der hensyn til de faktiske forhold, herunder udformningen af vinduesudformning, rudens lystransmittans samt rummets og omgivelsernes karakter. Der henvises til By og Byg Anvisning 203: Beregning af dagslys i bygninger samt SBI-anvisning 219: Dagslys i rum og bygninger, 2007.

Ved vurdering af resultaterne fundet i dette projekt vil en **dagslysfaktor på 2%** også blive brugt som en minimumsgrænse for dagslysfaktoren, men hvis forholdene skal vurderes som gode dagslysforhold, bør dette kunne opnås **hele vejen ind gennem rummet** og altså ikke kun i områder, der kan betragtes som arbejdspladser. På denne måde vil dybden af rummet også kunne medtages i vurderingen, da dybe rum bør have større eller højere placerede vinduesarealer end smalle rum.

Metode til bestemmelse af dagslysfaktor er beskrevet i rapporten *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklime og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*

2.4 Akustisk indeklime

Ved vurdering af målinger af støj fra ventilationsanlægget og efterklangstider i husene er der taget udgangspunkt i *DS490, Lydklassifikation af boliger*, da der i BR08 henvises til et funktionskrav heri, som er opfyldt ved opnåelse af klasse C.

Følgende uddrag fra BR08 er taget fra kapitel 6.4 *Akustisk indeklime* afsnit 6.4.2 *Boliger og lignende bygninger benyttet til overnatning*.

Bestemmelse	Vejledning
STK. 1 Boliger og lignende bygninger benyttet til overnatning og deres installationer skal udformes, så de, som opholder sig i bygningerne, ikke generes af lyd fra rum i tilgrænsende bolig- og erhvervsenheder, fra bygningens installationer samt fra nærliggende veje og jernbaner.	(6.4.2, STK. 1 - STK. 4) Boliger omfatter i denne forbindelse også hoteller, kollegier, pensionater, kroer, klublejligheder, kostskoler, sygehjem, plejehjem, døgninstitutioner og lignende bygninger, der benyttes til overnatning. Som fællesrum forstås fx fælles opholdsrum for flere boliger, trapperum eller gange. Funktionskravet for boliger anses for opfyldt, når de udføres som klasse C i DS 490, Lydklassifikation af boliger.

I udbudsmaterialet brugt til Komforthusene blev følgende krav til akustikken i huset sat:

Lydkrav

Der skal tages hensyn til bygningens lydmæssige formåen i projektet, så huset fremstår som et komfortabelt hus at leve i efterfølgende. Her skal specielt tages hensyn til de interne lydproblematikker, såsom efterklangstid.

Ved alle konstruktionssamlings, installationer og gennemføringen skal husets lydmæssige formåen sikres.

Ses der på definitionerne af hhv klasse B og klasse C i DS 490 findes følgende formuleringer: [DS490]

4.2

Lydklasse B

Lydklasse med tydeligt bedre lydforhold end byggelovgivningens minimumkrav for boliger. Beboere bliver kun i begrænset omfang forstyrret af lyd eller støj.

4.3

Lydklasse C

Lydklasse svarende til intentionerne i byggelovgivningens minimumkrav. Op til mellem 15 % og 20 % af beboerne kan forventes at blive forstyrret af lyd eller støj.

Ved sammenholdelse af kravene i udbudsmaterialet og definitionerne af klasse B og C, vælges det i måleprojektet at stille et krav om opnåelse af niveau B.

Fremgangsmåden for målingerne af støj og efterklangstider er beskrevet i rapporten *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*.

2.4.1 Krav til støj fra tekniske installationer

Ved vurdering af støj fra tekniske installationer, som i alle Komforthusene vil være støj fra ventilationsanlæg/kompaktaggregater, kompressorer, pumper mm, gælder følgende: [DS490]

Grænseværdier for støj fra tekniske installationer gælder for den enkelte installation og er relateret til umøblerede rum med lukkede vinduer og døre. Hvis målingerne foretages under andre rumforhold, foretages korrektioner i overensstemmelse med [1] i bibliografien.

I tilfælde af lavfrekvent støj bør det A-vægtede lydtrykniveau i det lavfrekvente område, $L_{pA,LF}$, ikke overstige 25 dB om dagen (kl. 07-18) eller 20 dB aften og nat (kl. 18-07). I lydklasse A og B bør overholdes grænseværdier, der er 5 dB lavere. Grænseværdier for lavfrekvent støj er relateret til en særlig målemetode, se [4] i bibliografien.

Kravene til maksimale grænseværdier for støj fra tekniske installationer er angivet i Tabel 2.4.

Rumtype	Målestørrelse	Klasse A i dB	Klasse B i dB	Klasse C i dB	Klasse D i dB
I beboelsesrum og køkkener samt i fælles opholdsrum	$L_{Aeq,T}$	20	25	30	35

Tabel 2.4. Støj fra tekniske installationer. Grænseværdier angivet som højeste værdier for A-vægtet, ækvivalent lydtrykniveau. [DS490]

2.4.2 Krav til efterklangstider

Kravene til efterklangstider i DS 490 er angivet i Tabel 2.5. Ved vurdering af resultaterne benyttes kravene til "fælles opholdrum".

Rumtype	Klasse A <i>T</i> i s	Klasse B <i>T</i> i s	Klasse C <i>T</i> i s	Klasse D <i>T</i> i s
I trapperum og gange med adgang til mere end 2 boliger eller erhvervsenheder, ved 500 Hz, 1000 Hz og 2000 Hz	1,0	1,0	1,3	1,3
I gange i plejehjem og lignende, hvor gangarealet i nogen grad anvendes til ophold, ved 500 Hz, 1000 Hz og 2000 Hz	0,9	0,9	0,9	0,9
Fælles opholdsrum, ved 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz og 4000 Hz	0,6	0,6	0,6	Ingen krav
NOTE – I fælles opholdsrum er grænseværdien 0,9 s ved 125 Hz				

Tabel 2.5. Krav til efterklangstid. Grænseværdier angivet som højeste værdier i hvert oktavbånd. [DS490]

2.5 Vurderingskriterier oversigt

Nedenstående tabel giver et samlet overblik over de parametre der vurderes i forbindelse med indeklimaet i Komforthusene.

		Maks. afvigelse	
	Kriterium	Måned	År
Termisk			
Generel vurdering	Klasse II	12 og 25 %	3 og 5 %
Overtemperatur	25 °C	10 %	10 %
	26 °C	100 h	100 h
	27 °C	25 h	25 h
Undertemperatur	20 °C	100 h	100 h
	19 °C	25 h	25 h
Atmosfærisk			
CO ₂	Klasse II	12 og 25 %	3 og 5 %
	Klasse II	8 h i træk	-
Relativ fugtighed	Klasse II	12 og 25 %	3 og 5 %
	Klasse II	24 h i træk	-
	70%<φ<30%	24 h i træk	-
	φ<45%	1 måned i træk på nær 10 timer	-
	φ>75%	1 %	-
Dagslysfaktor	2 % ved bagmur	-	-
Akustik			-
Efterklang	Kat B	-	-
Tekniske installationer	Kat B	-	-

Tabel 2.6: Oversigt over vurderingskriterier for indeklima.

2.6 Energiforbrug

Til vurdering af husets energiforbrug genereres en rapport med data for energi brugt til rumopvarmning, opvarmning af varmt brugsvand samt det totale el-forbrug således, at fordelingen mellem de forskellige forbrug fremgår.

Da måleudstyret i huset også bruger el, vil dette blive fratrullet det totale el-forbrug. En oversigt over målte forbrug ses i rapporten *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*.

I Stenagervænget 45 skal følgende el-forbrug fratrækkes: 16,7W

2.7 Overholdelse af passivhus-kriterierne

For at kontrollere, om husene overholder passivhus-kriterierne vil de nødvendige data for energiforbrug til rumopvarmning og det primære energiforbrug, dvs det totale el-forbrug, blive medtaget i separat datarapport på måneds- og årsbasis. Her skal det kontrolleres, om målingerne i husene viser en overensstemmelse med de beregnede værdier fundet i PHPP. Passivhus-kriterierne ses i Tabel 2.7.

Varmebehov	15 kWh/m ² pr år
Primært Energibehov	120 kWh/m ² pr år
Lufttæthed	0,6 h ⁻¹ v. ΔP = 50 Pa

Tabel 2.7. Passivhus-kriterierne. [PHPP2007]

Kontrol af om lufttætheden er opnået, foretages via rapporten udleveret efter blowerdoor-test af husene.

2.8 Overholdelse af passivhus-anbefalingerne

Udover kontrol af passivhus-kriterierne, som skal overholdes for at kunne blive certificeret som passivhus, undersøges det, om passivhus-anbefalingerne er overholdt i projektet. Også her oprettes der en rapport med de målte data, som sammenholdes med de opstillede anbefalinger. Anbefalingerne kan ses i Tabel 2.8.

Varmelast	maks 10 W/m ²
Overtemperatur	maks 10 % (t<25°C)
Vinduers U-værdi	maks 0,80 W/m ² K

Tabel 2.8. Passivhus-anbefalingerne. [PHPP2007]

Antallet af timer med overtemperatur tælles månedsvis, og vil blive udregnet både på månedsbasis og på årsbasis. Ifølge PHPP skal overtemperatur-timer tælles, når temperaturen er over 25°C. Endeligt vil vinduernes U-værdier blive kontrolleret i PHPP-beregningen for hvert enkelt hus.

3. Beskrivelse af huset

I dette kapitel findes opbygning af huset på Stenagervænget 45 samt en beskrivelse af, hvor i huset der måles. På Figur 3.1 er et billede af huset fra syd vist, hvor de store vinduespartier i køkken/alrum og stue er synlige. På Figur 3.2 er huset vist fra vest, hvor man kan se køkkenvinduerne samt vinduerne i atriets.



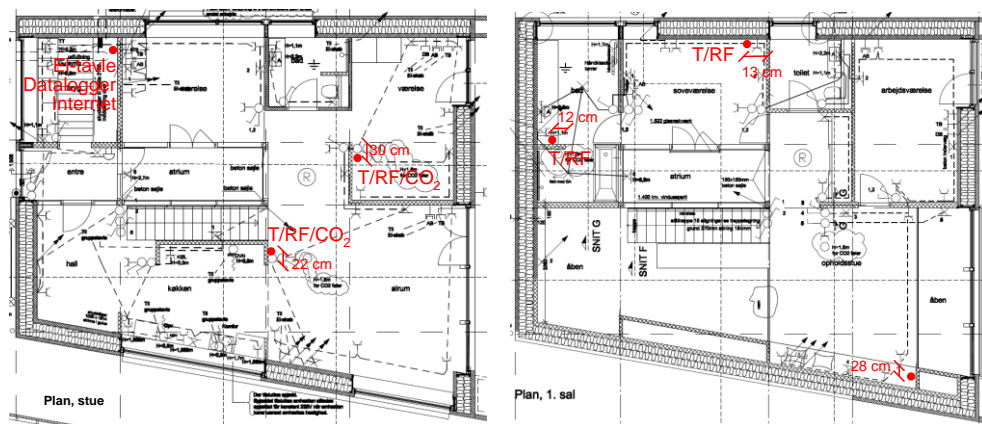
Figur 3.1: Stenagervænget 45 fra syd.



Figur 3.2: Stenagervænget 45 fra vest.

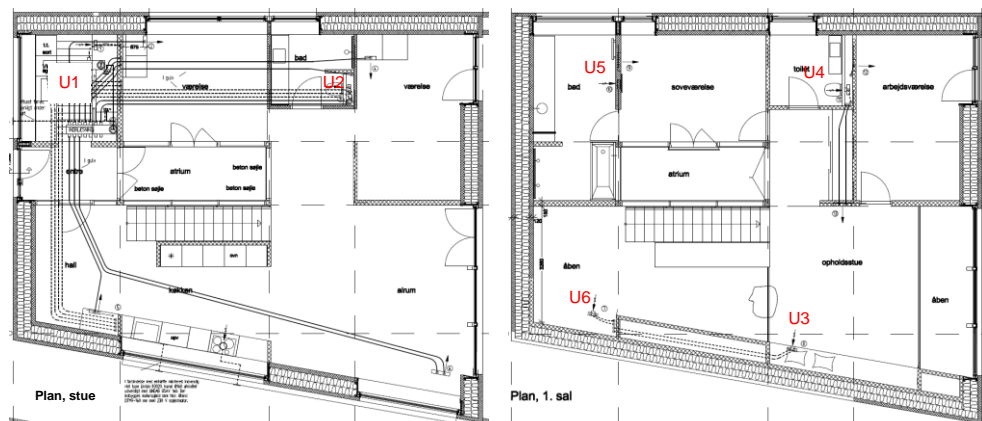
De store vinduespartier mod syd er placeret i husets stuer og værelse. Konstruktionen er lavet så der afskærmes delvist for sol over de øverste vinduer. Stuevinduet i stueetagen afskærmes af ophængt markise.

Nedenstående tegninger viser husets indretning, ventilationssystem samt placering af teknikrum. Desuden ses placering af el til CO₂-målerne. Internetstik er placeret i bryggers. Der gøres plads til 7 bimålere i eltavle. Tilslutning til disse er beskrevet i dette afsnit samt i notat fra Hundsbæk og Henriksen (Bilag E: Placering af målere). Placering af målere til indeklimate målinger ses på Figur 3.3.



Figur 3.3: Grundplan for Stenagervænget 45. Placering af indeklimatestere.

Placering af ventilationskanaler er angivet på Figur 3.4. Indblæsning placeret 10-30 cm over gulv. Udsugning i tre badeværelser/toiletter, bryggers samt køkkenen. Standard luftskifte beregnet til 0,58h⁻¹ (252 m³/h). Figur 3.4 viser også nummereringen af udsugningsåbninger brugt i forbindelse med registrering af luftskifte i huset.

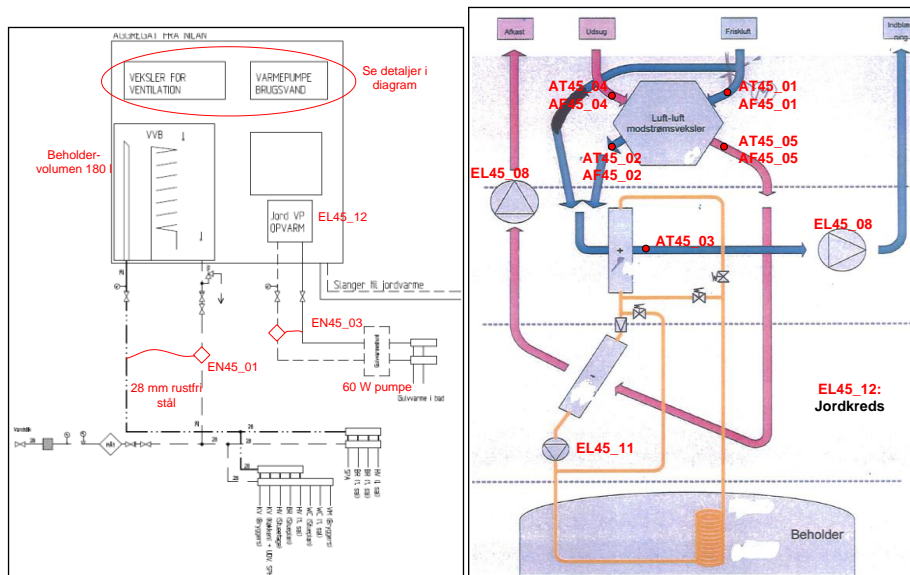


Figur 3.4. Placering af ventilationskanaler samt nummerering af henholdsvis indblæsning og udsugning.

Udover disse beskrevne målinger, måles der på elforbruget for hårde hvidevarer, belysning og andet forbrug samt en totalmåling af elforbruget. Endvidere måles energien brugt til varmt brugsvand. Detaljeret beskrivelse af målinger forefindes i kapitel 4.

3.1 Husets varmforsyning

I huset er der installeret et Nilan VP18 compact anlæg. Principdiagram med angivelse af målepunkter ses illustreret i Figur 3.5 sammen med detaljer for veksler og varmepumpe. Der blev i januar 2009 monteret el-drevet eftervarmevlade på indblæsningsluften. Målepunkterne er beskrevet på de efterfølgende sider



Figur 3.5. Placering af målepunkter i kompaktanlægget.

3.2 Be06 / PHPP nøgletal

I dette afsnit vil resultaterne fra både Be06 og PHPP energirammeberegninger blive præsenteret. Da huset er opført efter passivhus standarden (PHPP), skal denne beregning af energiramme overholdes for at huset kan certificeres. Endvidere skulle det danske bygningsreglement overholdes for at huset kunne opføres.

Resultatet fra Be06 beregningen og nøgletal herfra vist herunder i Tabel 3.1. Huset overholder lavenergiklasse 1 (BR08) med en stor margin. Huset får alt energi fra el til bygningsdrift, hvilket i dette tilfælde vil sige varmepumpe og ventilationsanlæg.

Be06 beregning	
Rumvarmebehov	11,2 kWh/m ² år
Energibehov	49,8 kWh/m ² år

Tabel 3.1: Resultat fra Be06 beregning.

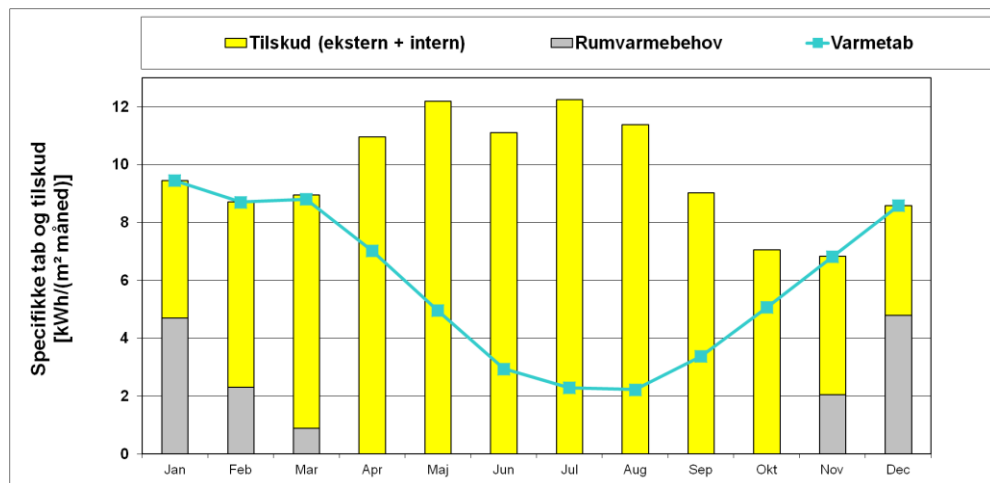
Herunder er nøgletal for PHPP-beregningen vist på Figur 3.6 og en varmebalance fra programmet er vist på Figur 3.7.

Specific Demands with Reference to the Treated Floor Area			
Treated Floor Area:	173,2 m ²		
Applied:	Monthly Method	PH Certificate:	Fulfilled?
Specific Space Heat Demand:	15 kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)	Yes
Pressurization Test Result:	0,4 h ⁻¹	0,6 h ⁻¹	Yes
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating, Cooling, Auxiliary and Household Electricity)	120 kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a)	Yes
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating and Auxiliary Electricity)	81 kWh/(m ² a)		
Specific Primary Energy Demand Energy Conservation by Solar Electricity	kWh/(m ² a)		
Heating Load:	14 W/m ²		
Frequency of Overheating:	0 %	over 25 °C	
Specific Useful Cooling Energy Demand:	kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)	
Cooling Load:	8 W/m ²		

Figur 3.6: PHPP nøgletal.

Kravene for passivhus-standarden er overholdt. Energi til opvarmning er holdt under 15 kWh/m² år og den primære energi under 120 kWh/m².

Utætheden på bygningen er under $0,6 \text{ h}^{-1}$ og overtemperaturstimer over 25°C er under 10 % af tiden.



Figur 3.7: Varmebalance fra PHPP beregning.

Af varmebalancen i Figur 3.7 ses, at tilskuddet til huset i de fleste måneder overstiger varmetabet, hvilket indikerer, at opvarmningssæsonen her er januar, februar, marts, november og december.

3.3 Problemer i huset

Der har fra starten været diverse byggefejl på anlægget: en varmeplade, der ikke var tilsluttet, bygge affald i kanalsystemet, et lukket indreguleringsspjæld, og for lav cirkulationshastighed på gulvvarmen. Undervejs svigtede en termostatventil med afrimningsfejl til følge. Disse fejl blev fundet og rettet i perioden januar 2009 – december 2010

Ydermere indsættes der i december tre olie radiatorer med en samlet effekt, der i sig selv overstiger det beregnede varmetab. Alligevel er der ifølge lejerens rumtemperaturer under 19°C . Dette bekræftes af de målinger fra Ålborg Universitet, der løbende foretages i boligen.

Beboeren foretrækker åbne vinduer i bad og soveværelse året rundt. Husets opvarmning afhænger af at ventilationssystemet og varmepumpen udnytter restvarme fra den luft, der udsuges fra badeværelserne. Når der konstant er koldere i badeværelset end i resten af huset, betyder det at anlægget skal varme huset og det varme brugsvand op, udelukkende ved hjælp af elvarme. Samtidigt undslipper en stor mængde varme gennem de åbne vinduer, og huset får et væsentligt større varmetab end beregnet. Derfor kan anlægget ikke følge med.

Herudover er der konstateret et usædvanligt stort forbrug af varmt brugsvand, hvor varmtvandsbeholderen i perioder tømmes 2-3 gange dagligt. Det betyder at anlægget bruger meget af effekten til at genetablere det varme brugsvand.

Desuden er internetforbindelsen til måleprogrammets dataloggere på energi og elforbrug blevet afbrudt da beboeren flyttede ind i huset. Der er derfor kun data fra målere, der har kørt trådløst, dvs indeklima-målinger.

4. Beskrivelse af målinger

Ved udarbejdelsen af måleprogrammet er der skelnet mellem løbende målinger, som er de målinger der foretages i hele måleperioden, og spotmålinger, som er målinger af dagslys, akustik og ventilationsmængder, der foretages under enkelte besøg i huset.

4.1 Løbende målinger

De løbende målinger er målinger af energiforbrug til rumopvarmning og varmt brugsvand, el-forbrug samt indeklima-målinger. Måleusikkerheder for udstyret gennemgås i projektets tværgående rapport *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*. Dette afsnit gennemgår i detaljer hvilke parametre der måles for Stenagervænget 45.

4.1.1 Måling af indeklima

Registrering af indeklima foregår med trådløse følere. Dog skal CO₂-målere forsynes med strøm. Placering af disse er angivet på plantegning. Følgende registreres løbende i den tre-årige måleperiode:

EMNE	UDFØRTE MÅLINGER	NØDVENDIG T UDSTYR	PLACERING	ANSVAR-LIG
Termisk og atmosfærisk indeklima:				
Det termiske indeklima omfatter temperaturfordeelingen i huset. Det atmosfæriske indeklima omfatter luftkvaliteten i huset	IT45_01: Temperaturmåling IF45_01: Måling af relativ fugtighed IC45_01: CO ₂ -måling	Eltek GD-47EE, RH/T/Co2, 0-5000ppm Transmitter T-9301	Alrum, st.	AAU
	IT45_02: Temperaturmåling IF45_02: Måling af relativ fugtighed IC45_02: CO ₂ -måling	Eltek GD-47EE, RH/T/Co2, 0-5000ppm Transmitter T-9308	Værelse, st.	AAU
	IT45_03: Temperaturmåling IF45_03: Måling af relativ fugtighed IC45_03: CO ₂ -måling	Eltek GD-47EE, RH/T/Co2, 0-5000ppm Transmitter T-9303	Stue, 1. sal	AAU
	IT45_04: Temperaturmåling IF45_04: Måling af relativ fugtighed	Eltek RH/T sensor GC-10 Transmitter T-9041	Baderum, 1. sal	AAU
	IT45_05: Temperaturmåling IF45_05: Måling af relativ fugtighed.	Eltek RH/T sensor GC-10 Transmitter T-9042	Soveværelse, 1. sal	AAU

4.1.2 Målinger af energiforbrug

I forbindelse med registrering af energiforbruget i huset samt vurdering af COP og vekslereffektivitet skal følgende målinger foretages i kompaktaggregatet:

EMNE	UDFØRTE MÅLINGER	NØDVENDIGT UDSTYR	PLACERING	ANSVARLIG
Varmepumpe				
Varmepumpen opvarmer varmtvandsbeholderen. Desuden bruges kølevæsken til forvarmning af ventilations-luft efter varmeveksler. Ekstra varmepumpe med jordvarme (80 m) leverer varme til gulvkreds i 3 baderum.	EL45_11: El-forbrug til kompressor, luft/vand EL45_12: Elforbrug til kompressor til jordkreds samt pumpe på jordkreds	Bi-måler Bi-måler	Elskab Elskab	Hundsbæk & Henriksen Hundsbæk & Henriksen
Rumopvarmning/ventilation				
Rummene opvarmes af gulvvarme (i baderum) samt ventilationsluft. Eftervarmeblade på el monteret januar 2009	EN45_03: Energi leveret til gulvvarme, dvs. flow i gulvslanger (EN45_01Qv) samt temperaturforsk el over frem- og returløb (EN45_01T) EN45_12: Leveret varme til eftervarmeblade (afklares fra H&H) Kan evt kobles sammen med EL45_05 B_EN45_10: Leveret varme fra varmebladen, som er tilkoblet varmepumpen. Dette registreres som temperatur lige før (AT45_02) og efter (AT45_03) varmebladen samt registrering af ventilationsflow (AL45_01). Der måles følgende temperaturer i aggregat: AT45_01: Indblæsning inden veksler AT45_02: Indblæsning efter veksler AT45_03: Indblæsning efter varmeblade AT45_04: Udsugning inden veksler AT45_05:	Brunata HGQ1 Vurderet maks. flow < 1200 l/h, ΔT=5°C Tilslutningsdiameter: 3/4" Målerlængde 110 mm <i>Beregningsmæssigt punkt.</i> Termoelementer /følere	På gulvvarmekreds inden shunt På kreds til eftervarmeblade OEMS Se tegning med aggregat	Nilan Nilan AAU Nilan/AAU

	<p>Udsugning efter veksler</p> <p>Der måles følgende fugtindhold i aggregat:</p> <p>AF45_01: Indblæsning inden veksler</p> <p>AF45_02: Indblæsning efter veksler</p> <p>AF45_04: Udsugning inden veksler</p> <p>AF45_05: Udsugning efter veksler</p> <p>EL45_08: El-forbrug ventilatorer</p> <p>B_AL45_01: Luftmængde, fast værdi=252 m³/h(=0,58h⁻¹)</p> <p>EL45_06: El-forbrug til cirkulationspumper på gulvvarme</p>	<p>Fugtfølere koblet til Eltek transmitter T-10938</p> <p>Bi-måler</p> <p>Beregnes via registrering af ventilator-trin (AL45_02)</p> <p>Bi-måler</p>	<p>Se tegning med aggregat</p> <p>Elskab</p> <p>I aggregat</p> <p>Elskab</p>	<p>Nilan/AAU</p> <p>Hundsbæk & Henriksen</p> <p>TRE-FOR</p> <p>Hundsbæk & Henriksen</p>
Varmt brugsvand				
<p>Varmt brugsvand tappes fra varmtvandsbeholderen. Energiforbrug måles efter beholderen således, at varmetabet fra beholderen indgår i den endelige COP-værdi.</p>	<p>EN45_01: Leveret varme fra varmespiral i beholder. Dette registreres via aftappet vand fra beholder. Der måles leveret vandmængde (EN45_01Qv) og temperaturdifferens på koldt vand (EN45_01Tk) leveret til beholderen og varmt vand (EN45_01Tv) tappet fra beholderen.</p>	<p>Brunata HGQ1</p> <p>Vurderet maks. flow =0,3 l/s = 1080 l/h</p> <p>ΔT=55°C-10°C=45°C</p> <p>Tilslutningsdiameter ¾"</p> <p>Målerlængde 110 mm</p>	<p>På varmt brugsvand</p>	<p>Hundsbæk & Henriksen</p>

Desuden skal følgende energimålinger foretages:

EMNE	UDFØRTE MÅLINGER	NØDVENDIGT UDSTYR	PLACERING	ANSVARLIG
El-forbrug				
<p>For at kunne vurdere husets samlede forbrug af primær energi er det nødvendigt også at registrere el-forbruget i husholdningen.</p>	<p>EL45_02: El-forbrug hårdehvidevarer</p> <p>EL45_01: Totalt el-forbrug</p> <p>B_EL45_03: El-forbrug belysning/andet</p>	<p>Bi-måler</p> <p>Hovedmåler</p> <p>B_EL45_03 = EL45_01-(EL45_02+sum(EL45_04:EL45_15)) - skønnet</p>	<p>Elskab</p> <p>Elskab</p>	<p>Hundsbæk & Henriksen</p> <p>Bygherre</p>

		forbrug måleudstyr	for	
Håndklædetørre + El-radiatorer				
Der er monteret håndklædetørre i 2 baderum. Der er forberedt stik (i blænddåser) til el-radiatorer – disse er ikke tilsluttede men betragtes som ekstra "forsynings-sikkerhed"	EL45_05: El-forbrug el-radiatorer & håndklædetørre	Bi-måler	Elskab	Hundsbæk & Henriksen
"Fornøjelses-el"				
Heri indgår ekstra køkkenudstyr bl.a. mikrobølgeovn, varmeskuffer, dampovn, espressomaskine	EL45_15: Fornøjelses-el	Bi-måler	Elskab	Hundsbæk & Henriksen
Forvarmning af indblæsningsluft				
Indblæsningsluften forvarmes via 140 m jordrør	B_EN45_08: Forvarmningen registreres via ventilationsmængde (AL45_01), udeluftens temperatur (UD00_01) og temperaturen inden indgang til aggregat (AT45_01)	<i>Beregningsmæssigt punkt.</i>	OEMS	TRE-FOR

4.1.3 Beregning af nøgletal

Ud fra de opsamlede data vil der blive foretaget en vurdering af COP for anlægget samlet set/varmepumper alt efter mulighederne i huset (afhænger af placering af målepunkter), ventilationsanlægget SEL-værdi samt vekslerens effektivitet.

4.2 Spotmålinger (registreres under enkeltdags besøg i huset)

Spotmålingerne foretages under en række besøg i huset i løbet af måleperioden, hvor bl.a. dagslys samt støj og akustik registreres.

4.2.1 Bestemmelse af dagslysfaktorer

Dagslysmålinger foretages iht vejledningen givet i *SBi-anvisning 219, Dagslys i rum og bygninger*. Målingerne vil blive foretaget i centrale rum i et vandret plan fra vinduet og ind i rummet i en højde på 0,85 m over gulvet. Der foretages samtidige målinger af belysningsstyrken indendørs og udendørs for at kunne beregne dagslysfaktoren så nøjagtigt som muligt.

Beskrivelse af fremgangsmåde ved målinger er desuden beskrevet i rapporten *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*.

4.2.2 Måling af efterklangstider og støj fra tekniske installationer

Målinger af efterklangstider samt støj fra ventilationsanlæg foretages i husets stue eller køkken/alrum. Disse udføres iht vejledningen givet i *DS 490, Lydklassifikation af boliger* samt ud fra måle-anvisningerne givet i *Støjfri ventilationsanlæg* af Carl Erik Hyldgård.

Beskrivelse af fremgangsmåde ved målinger er desuden beskrevet i *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*.

4.2.3 Måling af luftmængder

Måling af luftmængder i husene er målt ved anlæggets forskellig trin, i de tilfælde ventilatoren kører med forskellige trin. Resultatet af disse målinger kobles sammen med målinger af strømforbrug fra ventilatoren (foretages som løbende måling) for at fastlægge husets aktuelle luftskifte.

4.3 Yderligere målinger/beregninger

Der foretages kontrol af alle følere, instrumenter og tilslutninger.

Husenes tæthed skal måles, evt. når tæthedsmembranen er færdiggjort og når huset er indflytningsklart. Dette foretages af konsortiet via en blowerdoor-test. Resultatet herfra oplyses til Aalborg Universitet til brug ved vurdering af husets samlede energiforbrug og indeklima.

Udeklima registreres løbende via lokal vejrstation samt DMI-data fra Billund. Her registreres udetemperatur, vindhastighed og –retning samt solindfald.

5. Resultater for indeklima-analyser

I huset vil der være flest opholdstimer i køkken/alrum, hvorfor der vil blive lagt mest fokus på dette målepunkt i analysen.

5.1 Termisk indeklima

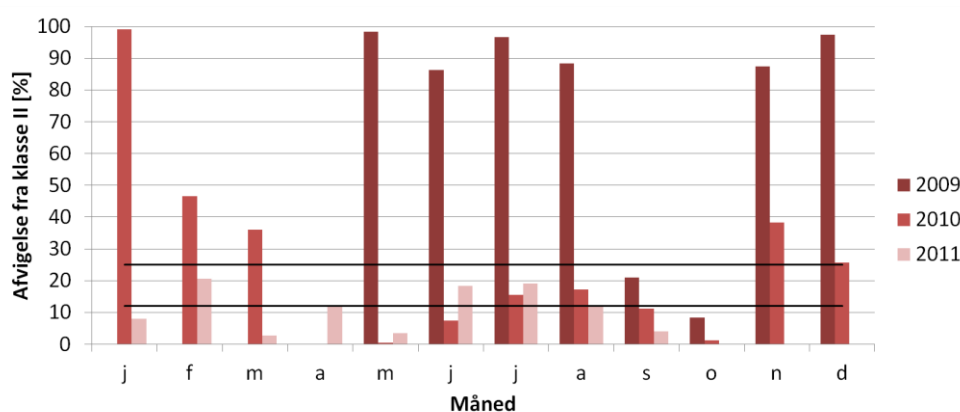
I afsnit 2.1 er det beskrevet hvilke krav der er opsat for det termiske indeklima. Med et aktivitetsniveau på 1,2 met, er kategori I, II og III defineret og det er som standard defineret i projektet at kategori II skal overholdes. Oversigt over, hvilke analyser der foretages for termisk indeklima findes i Tabel 2.6. I dette afsnit vil det blive belyst om disse krav er overholdt. Sammenfatning af resultaterne i dette afsnit foretages i afsnit 5.2.

5.1.1 DS/EN 15251– overholdelse af kategori II

I de følgende tabeller vises den procentvise andel af timer der ligger udenfor kategori II. Opgørelserne er foretaget på månedsbasis i Tabel 5.1 til Tabel 5.5. Ved valg af beklædning er der sommer brugt sommerbeklædning (0,5 clo) og vinter brugt vinterbeklædning (1,0 clo) til at vurdere den termiske komfort. Forår og efterår er der regnet med variabel beklædning således, at der i disse perioder vælges komfortinterval ud fra det interval der giver mindst timer underfor kategori 2. En årsopdelt opgørelse findes i Tabel 5.6. Denne opgørelse er også foretaget for temperaturer mellem 20°C og 26°C. Sæsonopdelte værdier samt værdier for fordelingen mellem kategori I, II og III findes i "Bilag B – Termisk indeklima"

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	98	86	97	88	21	8	87	97
2010	99	47	36	0	1	7	15	17	11	1	38	26
2011	8	21	3	12	3	18	19	12	4	-	-	-

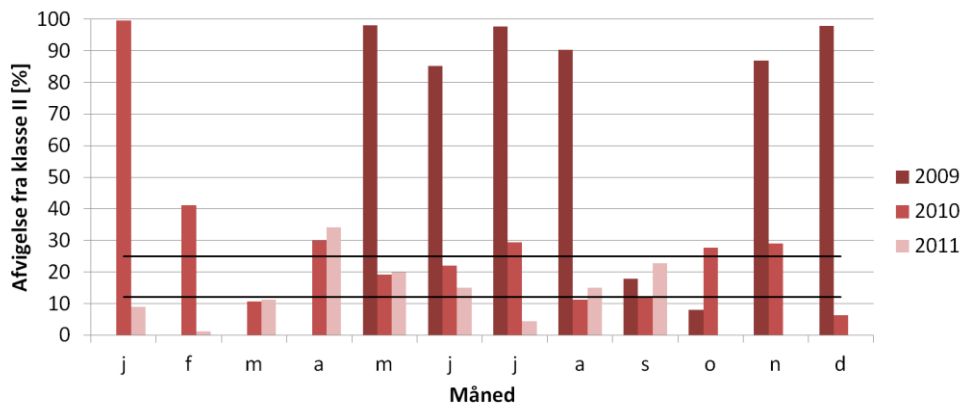
Tabel 5.1: Afvigelser i procent fra kategori II for køkken/alrum, stueplan.



Figur 5.1: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for køkken/alrum.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	98	85	98	90	18	8	87	98
2010	100	41	11	30	19	22	29	11	12	28	29	6
2011	9	1	11	34	20	15	4	15	23	-	-	-

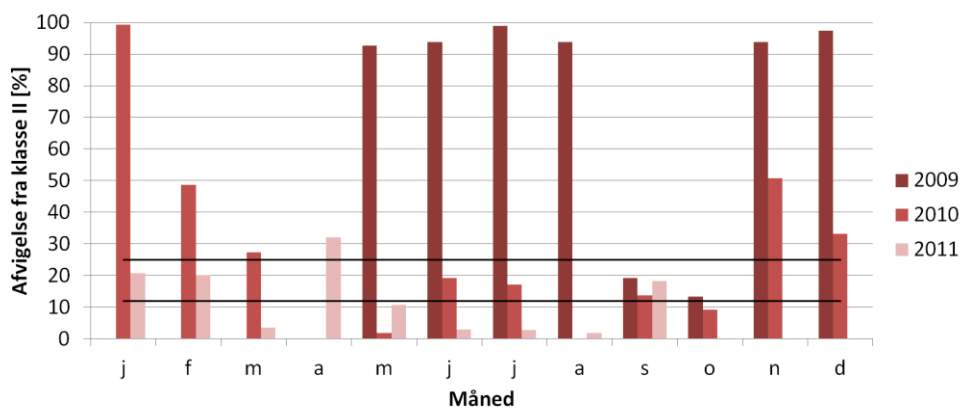
Tabel 5.2: Afvigelser i procent fra kategori II for værelse, stueplan.



Figur 5.2: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for værelse, stueplan.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	93	94	99	94	19	13	94	97
2010	99	49	27	0	2	19	17	0	14	9	51	33
2011	21	20	4	32	11	3	3	2	18	-	-	-

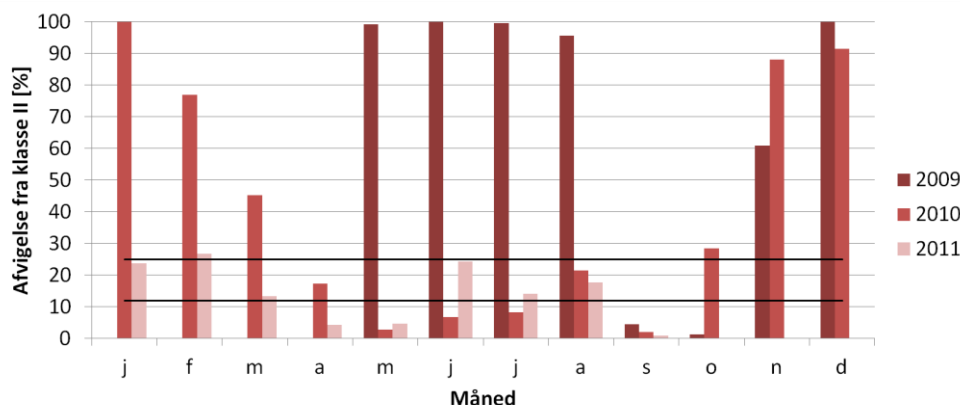
Tabel 5.3: Afvigelser i procent fra kategori II for stue, 1. sal.



Figur 5.3: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for stue, 1. sal.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	99	100	100	96	4	1	61	100
2010	100	77	45	17	3	7	8	21	2	28	88	91
2011	24	27	13	4	5	24	14	18	1	-	-	-

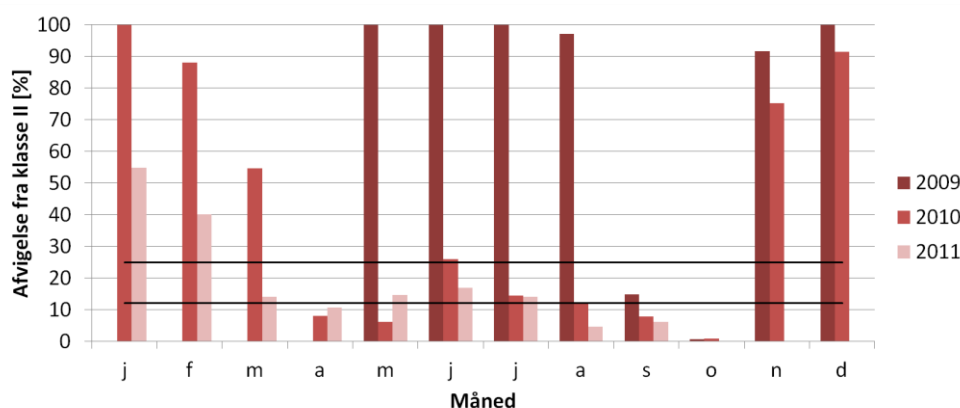
Tabel 5.4: Afvigelser i procent fra kategori II for baderum, 1. sal.



Figur 5.4: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for baderum, 1. sal.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	100	100	100	97	15	1	92	100
2010	100	88	55	8	6	26	15	12	8	1	75	91
2011	55	40	14	11	15	17	14	5	6	-	-	-

Tabel 5.5: Afvigelser i procent fra kategori II for soveværelse, 1. sal.



Figur 5.5: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for soveværelse, 1. sal.

Ovenstående figurer viser, at huset i løbet af sommeren fungerer rimeligt, og de fleste perioder ikke har overskridelser fra kat. II på mere end 25%. Afvigelse fra kat. II forøges væsentligt mellem november og marts, hvilket tyder på, at der er opvarmningsproblemer i huset. Dette undersøges nærmere i afsnit 5.2.

	2009	2010	2011
Køkken/alrum	53	21	2
Værelse	53	17	27
Stue	54	23	4
Baderum	52	38	6
Soveværelse	56	36	11

Tabel 5.6: Samlet årsoversigt over afvigelser i procent fra kategori II for alle rum. Vurdering er foretaget for temperaturer mellem 20°C og 26°C

Ud fra årsoversigten i Tabel 5.6 ses, at husets termiske indeklima forbedres væsentligt i 2011. Samtidig er det dog også det første år, hvor huset er fuldt beboet hele året.

5.1.2 PHPP, lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020

Sammenligning med passivhusanbefalingen, krav til lavenergiklasse 2015/bygningsklasse 2020 samt vurdering af problemer med utilstrækkelig opvarmning foretages i Tabel 5.7 til Tabel 5.11 på månedsniveau. Tabel 5.12 indeholder en oversigt på årsniveau. Bemærk af temperaturer > 25°C angives i %. De øvrige vurderinger angives i h.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	<19 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	1	261	672
	<20 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	5	629	724
	>25 [%]	-	-	-	-	100	97	100	100	46	3	0
	>26 [h]	-	-	-	-	731	621	719	658	124	1	0
	>27 [h]	-	-	-	-	476	437	566	379	51	0	0
2010	<19 [h]	725	201	3	0	0	0	0	0	1	93	33
	<20 [h]	737	312	268	0	2	0	0	0	1	275	191
	>25 [%]	0	0	0	0	0	1	28	1	0	0	0
	>26 [h]	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0
	>27 [h]	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0
2011	<19 [h]	0	7	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	<20 [h]	58	138	10	1	0	0	0	0	-	-	-
	>25 [%]	0	0	0	0	0	1	6	2	1	-	-
	>26 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	>27 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-

Tabel 5.7: Over- og undertemperaturstimer for køkken/alrum.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	<19 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	1	30	662
	<20 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	1	626	728
	>25 [%]	-	-	-	-	100	97	100	100	48	4	0
	>26 [h]	-	-	-	-	730	613	727	672	112	7	0
	>27 [h]	-	-	-	-	466	410	558	379	54	0	0
2010	<19 [h]	728	204	0	0	2	0	0	0	1	0	3
	<20 [h]	741	270	71	0	9	0	0	0	1	112	35
	>25 [%]	0	0	0	5	5	7	59	12	20	5	6
	>26 [h]	0	0	0	0	1	4	219	3	34	2	7
	>27 [h]	0	0	0	0	0	0	68	0	2	0	0
2011	<19 [h]	0	0	0	1	0	5	0	0	-	-	-
	<20 [h]	0	0	0	1	0	7	0	0	-	-	-
	>25 [%]	2	0	3	24	16	19	31	30	9	-	-
	>26 [h]	0	0	0	39	21	23	25	73	11	-	-
	>27 [h]	0	0	0	6	2	4	2	16	1	-	-

Tabel 5.8: Over- og undertemperaturstimer for værelse.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	<19 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	1	404	697
	<20 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	12	675	725
	>25 [%]	-	-	-	-	100	100	100	100	55	5	0	0
	>26 [h]	-	-	-	-	689	675	736	697	128	14	0	0
	>27 [h]	-	-	-	-	363	479	604	473	33	2	0	0
2010	<19 [h]	718	202	0	0	0	0	0	0	0	1	176	91
	<20 [h]	738	327	198	0	0	0	0	0	0	1	357	242
	>25 [%]	0	0	0	0	0	2	50	4	2	2	1	0
	>26 [h]	0	0	0	0	0	0	117	0	0	1	0	0
	>27 [h]	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0
2011	<19 [h]	718	202	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	<20 [h]	738	327	198	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	>25 [%]	0	0	0	0	0	2	50	4	2	-	-	-
	>26 [h]	0	0	0	0	0	0	117	0	0	-	-	-
	>27 [h]	0	0	0	0	0	0	11	0	0	-	-	-

Tabel 5.9: Over- og undertemperaturstimer for stue.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	<19 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	1	0	453
	<20 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	1	438	744
	>25 [%]	-	-	-	-	100	100	100	100	52	0	0	0
	>26 [h]	-	-	-	-	738	720	741	712	32	0	0	0
	>27 [h]	-	-	-	-	501	585	619	464	0	0	0	0
2010	<19 [h]	744	227	11	4	0	0	0	0	0	7	501	191
	<20 [h]	744	517	337	125	20	0	0	0	5	212	634	680
	>25 [%]	0	0	0	0	0	0	20	2	0	0	0	0
	>26 [h]	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0
	>27 [h]	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
2011	<19 [h]	7	60	26	0	13	0	0	0	0	-	-	-
	<20 [h]	177	180	99	10	30	0	0	0	0	-	-	-
	>25 [%]	0	0	0	0	0	5	27	0	0	-	-	-
	>26 [h]	0	0	0	0	0	0	62	0	0	-	-	-
	>27 [h]	0	0	0	0	0	0	3	0	0	-	-	-

Tabel 5.10: Over- og undertemperaturstimer for baderum.

		J	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	<19 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	1	15	719
	<20 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	1	660	744
	>25 [%]	-	-	-	-	100	100	100	100	49	0	0	0
	>26 [h]	-	-	-	-	744	720	744	722	86	0	0	0
	>27 [h]	-	-	-	-	607	634	657	515	12	0	0	0
2010	<19 [h]	744	355	8	10	0	0	0	0	0	1	336	284
	<20 [h]	744	591	406	52	1	0	0	0	0	7	541	680
	>25 [%]	0	0	0	0	1	9	40	8	1	0	0	0
	>26 [h]	0	0	0	0	2	28	88	10	1	0	0	0
	>27 [h]	0	0	0	0	0	6	31	3	0	0	0	0
2011	<19 [h]	14	49	33	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	<20 [h]	408	270	104	0	5	0	0	0	0	-	-	-
	>25 [%]	0	0	0	2	4	23	35	7	1	-	-	-
	>26 [h]	0	0	0	3	7	46	87	11	0	-	-	-
	>27 [h]	0	0	0	0	0	20	21	3	0	-	-	-

Tabel 5.11: Over- og undertemperaturstimer for soveværelse.

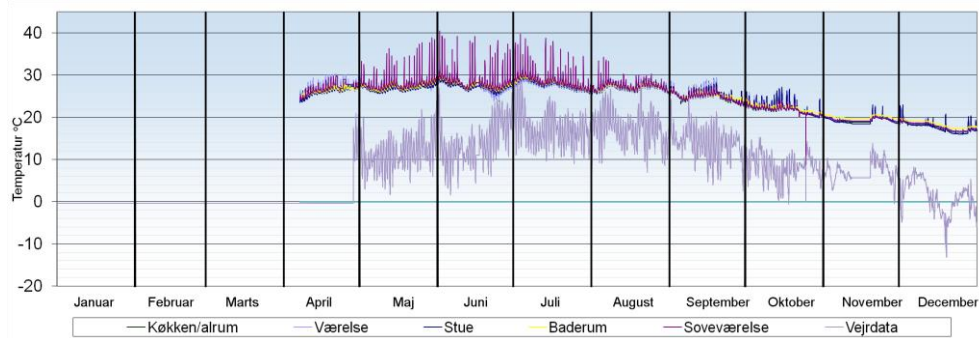
		<19 [h]	<20 [h]	>25 [%]	>26 [h]	>27 [h]
Køkken/ alrum	2009	933	1357	43	3290	2135
	2010	1055	1785	3	60	9
	2011	7	207	1	0	0
Værelse	2009	692	1354	44	3328	2116
	2010	937	1238	10	270	70
	2011	6	8	11	192	44
Stue	2009	1101	1411	44	3305	2092
	2010	1187	1862	5	118	11
	2011	13	271	7	44	5
Baderum	2009	453	1182	44	3345	2331
	2010	1684	3273	2	25	1
	2011	106	496	3	62	3
Sove- værelse	2009	734	1404	44	3477	2693
	2010	1737	3021	5	129	40
	2011	96	787	6	154	44

Tabel 5.12: Årsværdier for over- og undertemperaturstimer.

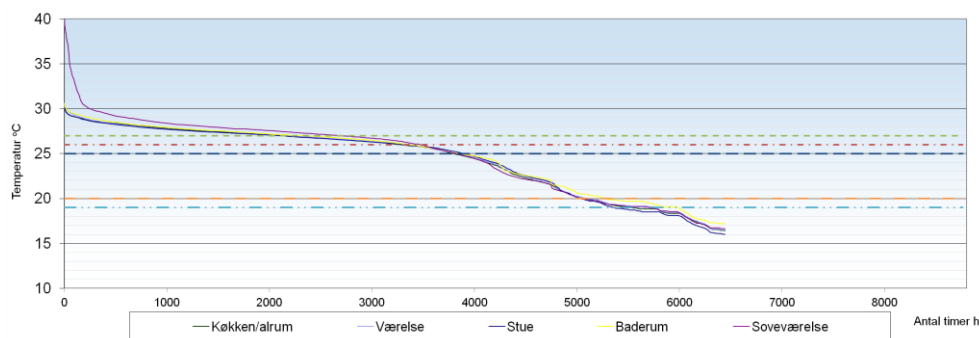
5.1.3 Temperaturmålinger foretaget gennem hele året

Følgende afsnit viser temperaturkurverne for målepunkterne placeret rundt i huset. Samtidig kan indetemperaturens afhængighed af udetemperaturen vurderes.

2009

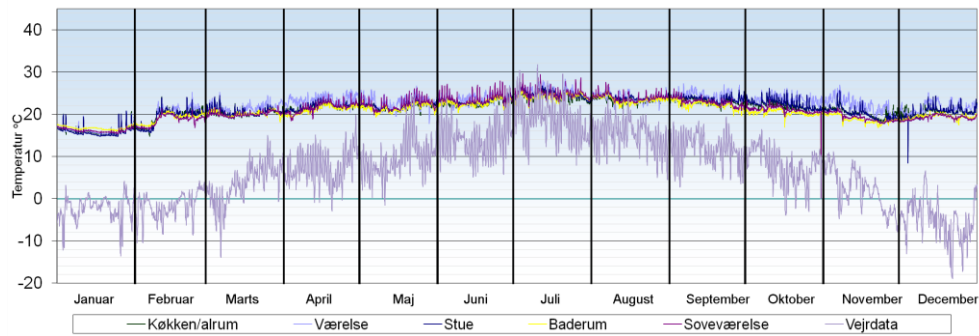


Figur 5.6: Temperaturer i de enkelte rum for 2009.

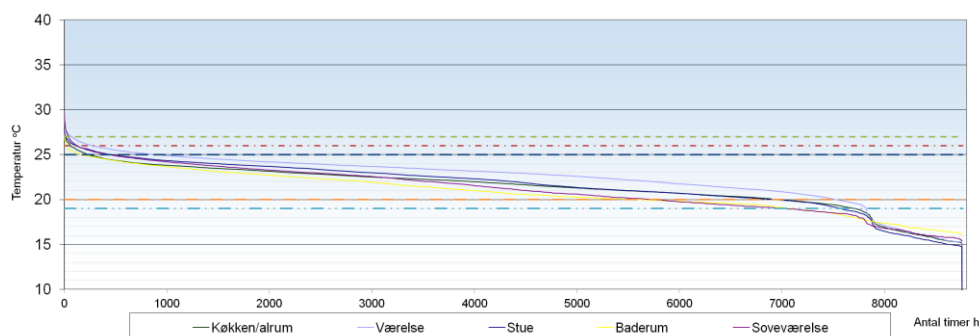


Figur 5.7: Akkumuleret temperatur for de enkelte rum for 2009.

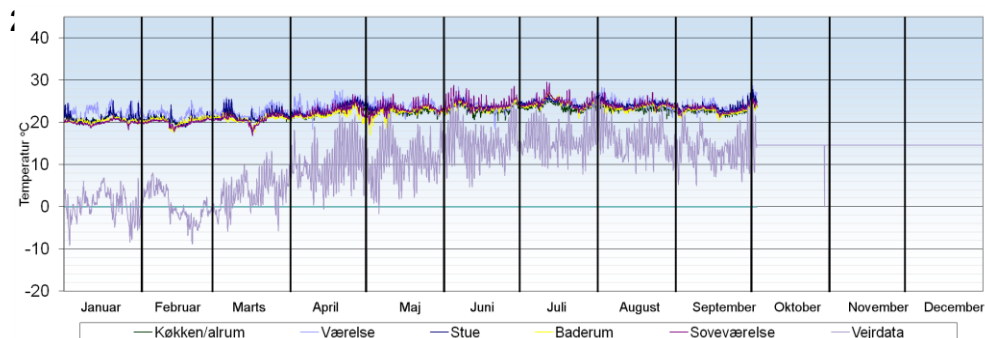
2010



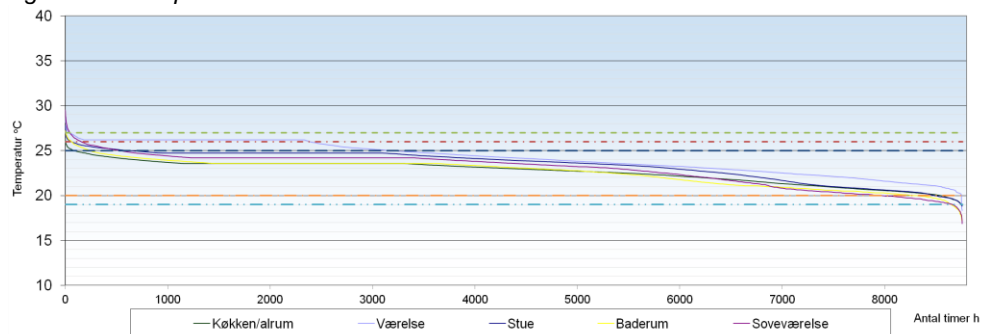
Figur 5.8: Temperaturer i de enkelte rum for 2010.



Figur 5.9: Akkumuleret temperatur for de enkelte rum for 2010.



Figur 5.10: Temperaturer i de enkelte rum for 2011.



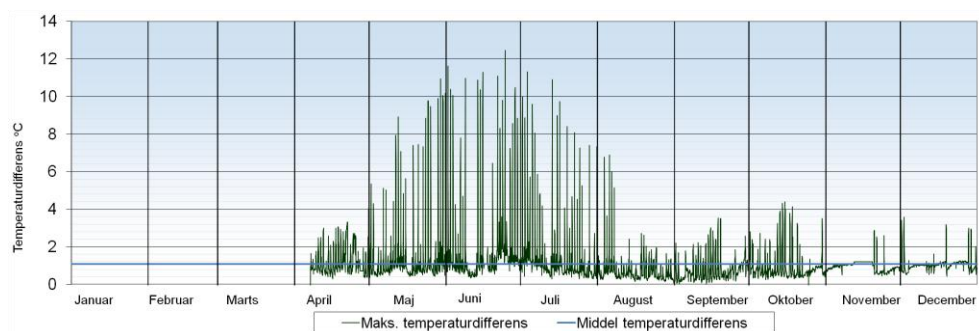
Figur 5.11: Akkumuleret temperatur for de enkelte rum for 2011.

Det fremgår af ovenstående figurer, at der i vinterperioderne er problemer med opvarmning i huset. I vinteren 2009/2010 står huset tomt. Her opretholdes en temperatur på ca 15°C, hvilket tyder på, at der ikke er ekstra kapacitet i anlægget, som dermed får problemer når der ikke er nogen intern varmelast i huset. I november 2010 bliver der også koldere i huset i løbet af måneden indtil sidst på måneden hvor huset beboere opstiller en gasovn for at sikre den termiske komfort. Dette giver dog stort udslag, når CO₂-niveauet i huset vurderes (se afsnit 5.3). Sommerperioden holder en pæn stabil temperatur hvor det kun er sjældent, at temperaturen nærmer sig 30°C.

5.1.4 Temperaturforskel imellem rum

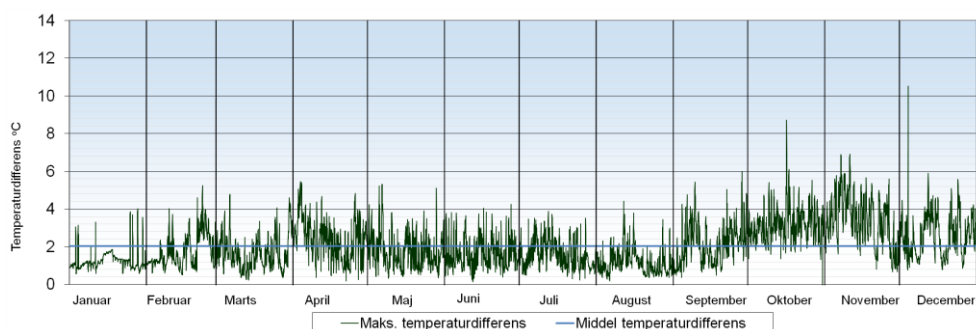
Det fremgår af figurerne i afsnit 5.1.3, at der er uens temperaturer i rummene. Denne variation vil naturligt opstå afhængigt af rummenes brug, da det interne varmetilskud varieres efter antallet af personer i et rum. De følgende figurer viser hvorledes forskellen mellem det koldeste og det varmeste rum varierer i løbet af 2009-2011.

2009



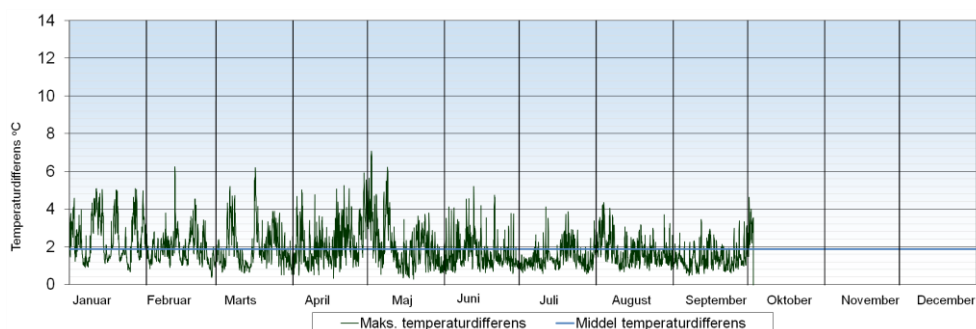
Figur 5.12: Maksimal temperaturforskel imellem rummene for 2009.

2010



Figur 5.13: Maksimal temperaturforskel imellem rummene for 2010.

2011



Figur 5.14: Maksimal temperaturforskel imellem rummene for 2011.

5.2 Opsamling: Termisk indeklima

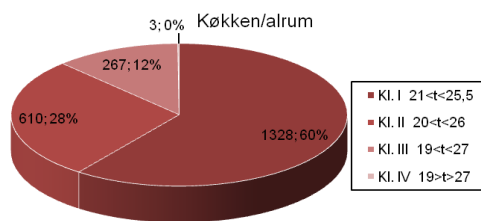
Ud fra analyserne i afsnit 5.1 samt resultaterne i "Bilag B – Termisk indeklima" vil der i det følgende blive opsummeret på resultaterne for huset. Der er i analyserne brugt følgende opdeling af sæsoner:

- Forår: marts, april, maj
- Sommer: juni, juli og august
- Efterår: september, oktober, november
- Vinter: december, januar, februar (fra samme år!)

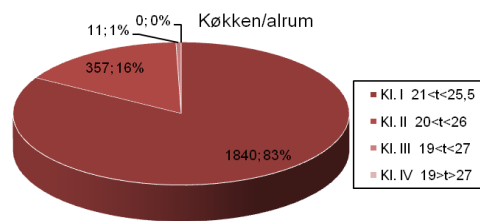
5.2.1 Termisk funktion

Forårssituation

Da huset kun har været beboet tre forårsmåneder i træk i foråret 2010 og 2011, ses der udelukkende på disse år. Kategori II er opnået i ca 90% af tiden i 2010 og 100% af tiden i 2011. Der hvor afvigelserne forekommer er de i den lave ende, dvs det er temperaturer under 20°C, der giver problemer. Dette er illustreret for temperaturen i køkken/alrum i Figur 5.15 og Figur 5.16. Dette viser tydeligt effekten af den ekstra varmekilde, der er tilføjet sidst i november 2010.

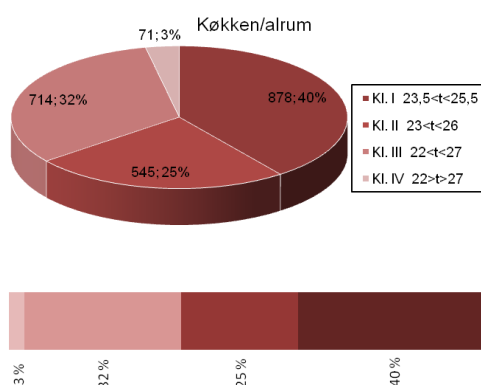


Figur 5.15: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2010.



Figur 5.16: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2011.

Sommersituation



Figur 5.17: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2011.

Huset ligger i ca 60-80% af tiden indenfor kategori II. De fleste overskridelser sker i den lave ende, dvs huset holdes køligt gennem sommeren, og der er ikke tegn på store problemer med overtemperatur. Et eksempel på dette ses i figuren til venstre, hvor temperaturen i 32% af tiden ligger mellem 22°C og 23°C og kun i 3% af tiden kommer under 22°C.

Efterårssituation

Efteråret 2010 bærer præg af opvarmningsproblemer som bl.a. giver kraftigt udslag på badeværelset, som kun opnår kat. II i 61% af tiden. Den resterende del af tiden er temperaturen dermed under 20°C, hvilket er langt under komforttemperaturen på et badeværelse. I 2011 er problemerne blevet løst med indsættelse af ekstra varmekilde, og kat. II opnås mellem 92% og 100% af tiden i alle rum.

Vintersituation

Vinteren 2010 bærer præg af ovennævnte opvarmningsproblemer. Vinteren 2011 fungerer bedre, og kat II opnås ca. 75-85% af tiden i normale opholdsrum. Soveværelset er køligere (kat. II i ca 50% af tiden), men dette kan også være et bevidst valg fra beboernes side.

5.2.2 Overholdelse af krav/anbefalinger

I dette afsnit kontrolleres hvorledes resultaterne fundet i projektet afviger fra de opstillede krav og anbefalinger i afsnit 2.1.

DS/EN 15251 kategori II

Som tidligere nævnt vurderes her ud fra som maksimal afvigelse på 3 eller 5 %, hvilket på årsbasis svarer til 259 og 432 timer. [DS/EN 15251, 2007]. Desuden vurderes på månedsbasis ud fra afvigelser på 12 og 25 %, som anbefales i udkastet til "Definition of the indoor environmental quality- Used

for Net Zero Energy Buildings (NetZEB)” udarbejdet i Strategisk forskningscenter for Energieutralt byggeri.

I løbet af sommeren, hvor der i mange huse er fundet problemer med overophedning, fungerer huset rimeligt, og de fleste perioder har ikke overskridelser fra kat. II på mere end 25%. Afvigelse fra kat. II forøges væsentligt mellem november og marts, hvor der er opvarmningsproblemer i huset. Dette løses i efteråret 2010 med montering af ekstra varmekilder i huset, jf afsnit 3.3 vedr problemer i huset.

Ved vurdering på årsbasis ses at husets termiske indeklimate forbedres væsentligt i 2011. Samtidig er det dog også det første år, hvor huset er fuldt beboet hele året. Der opnås 2% afvigelse fra kategori II i køkken/alrum dette år og 4% afvigelse i stue. Værelset i stueplan afviger hele 27% af tiden, hvilket ikke er tilfredsstillende.

Lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020

Ved vurdering af de nuværende krav til lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020 om maks 100 timer over 26°C og 25 timer over 27°C skal tællingen af timer foretages for kritiske rum. I dette tilfælde vurderes de kritiske rum at være køkken/alrum, stue på 1. sal samt værelse mod syd i stueplan, da disse rum alle er sydvendte med store vinduespartier. Værdierne registreret i 2011 (som er året der giver færrest timer) fremgår af Tabel 5.13.

	>26 [h]	>27 [h]
Køkken/alrum	0	0
Værelse	192	44
Stue	44	5

Tabel 5.13: Overtemperaturer registreret i 2011.

Ud fra ovennævnte antal timer kan det konkluderes, at huset ikke kan leve op til de krav der i dag stilles til indeklimate i lavenergibyggeri. Dog opnås der gode resultater for køkken/alrum og stue, men værelset (som ikke har udvendig solafskærmning) får problemer med at holde kravene.

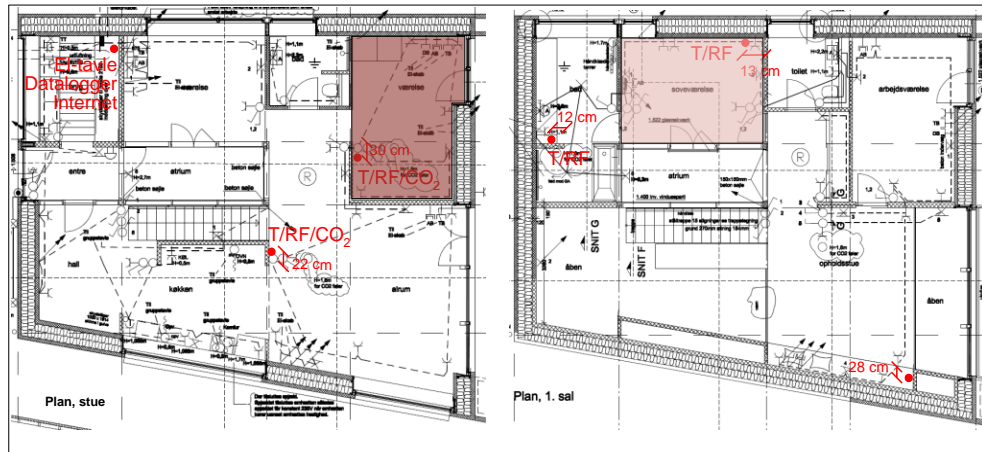
PHI-anbefaling ift overtemperatur

Ved vurdering af passivhus-anbefalingen om maks 10% af tiden over 25°C, svarer de 10% til en beregning baseret på hele huset som gennemsnit. I praksis vil de sydvendte rum ofte overophede hvorimod de nordvendte rum forbliver kølige, og det kan derfor diskuteres hvorvidt denne vurdering bør foretages på rumniveau eller ej. I afsnit 5.1.2 opgives tallene på rumniveau. Heraf fremgår det, at huset i 2011 overholder de 10% i køkken/alrum og stuen, men har temperaturer over 25°C i 11% af tiden i værelset.

5.2.3 Kritiske rum

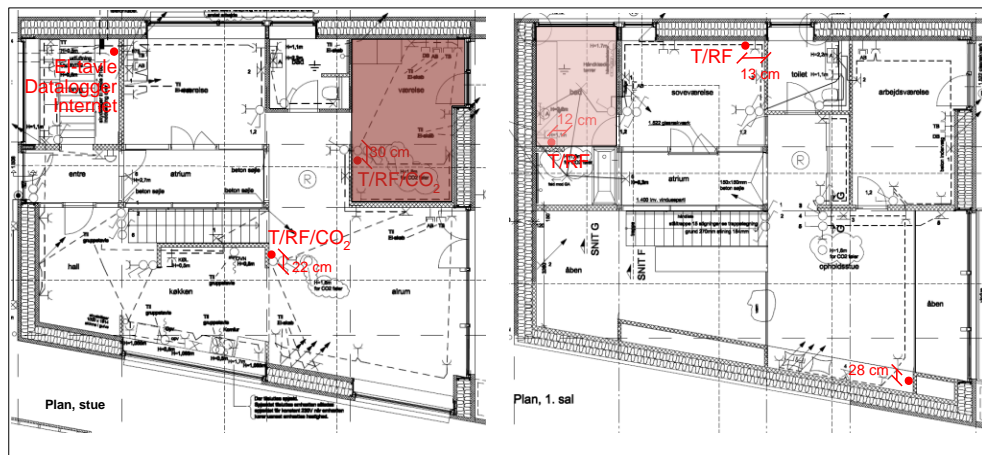
Der gives i det følgende en oversigt over hvilke rum der typiske er kolde hhv varme rum i boligen. Oversigten er foretaget ud fra temperaturmålinger i de pågældende rum og er foretaget på årsbasis. Oversigten er baseret på samtlige rum i boligen, hvori der måles temperaturer.

V



5.18 De kritiske rum, lys farve markerer rummet med den laveste temperatur og mørk farve markerer rummet med den højeste temperatur for 2010.

V



5.19 De kritiske rum, lys farve markerer rummet med den laveste temperatur og mørk farve markerer rummet med den højeste temperatur for 2011.

Af oversigten fremgår det, at soveværelset og badeværelset mod nordøst har været de koldeste rum. Værelset med de sydvendte vinduer har været husets varmeste rum, hvilket også er beskrevet i de forrige afsnit.

5.3 Atmosfærisk indeklima – luftkvalitet

I afsnit 2.2 er det beskrevet hvilke krav der er opsat for det atmosfæriske indeklima, herunder CO₂-niveauet i bygningen, som vurderes i dette afsnit. Desuden vil luftskiftet i bygningen blive vurderet sidst i dette afsnit.

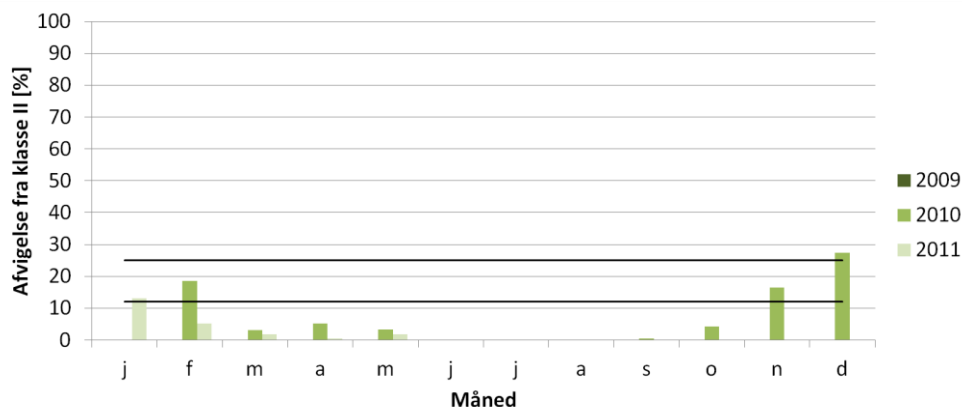
Der søges også med atmosfærisk indeklima at overholde kategori II. Oversigt over, hvilke analyser der foretages for CO₂-niveauet i bygningen findes i Tabel 2.6. I dette afsnit vil det blive belyst om disse krav er overholdt. Sammenfatning af resultaterne i dette afsnit foretages i afsnit 5.4.

5.3.1 DS/EN 15251 – overholdelse af kategori II

I de følgende tabeller vises den procentvis andel af timer der ligger udenfor kategori II. Opgørelserne er foretaget på månedsbasis i Tabel 5.14 til Tabel 5.16. En årsopdelt opgørelse findes i Tabel 5.17. Sæsonopdelte værdier samt værdier for fordelingen mellem kategori I, II og III findes i "Bilag C – Atmosfærisk indeklima (luftkvalitet)"

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	0	18	3	5	3	0	0	0	1	4	17	27
2011	13	5	2	1	2	0	0	0	0	-	-	-

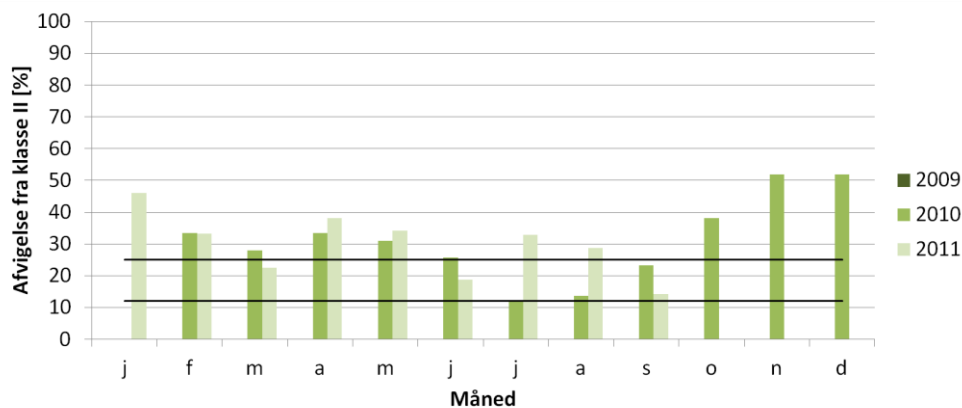
Tabel 5.14: Afvigelser i procent fra kategori II for køkken/alrum.



Figur 5.20: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for køkken/alrum.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	0	33	28	33	31	26	12	14	23	38	52	52
2011	46	33	22	38	34	19	33	29	14	-	-	-

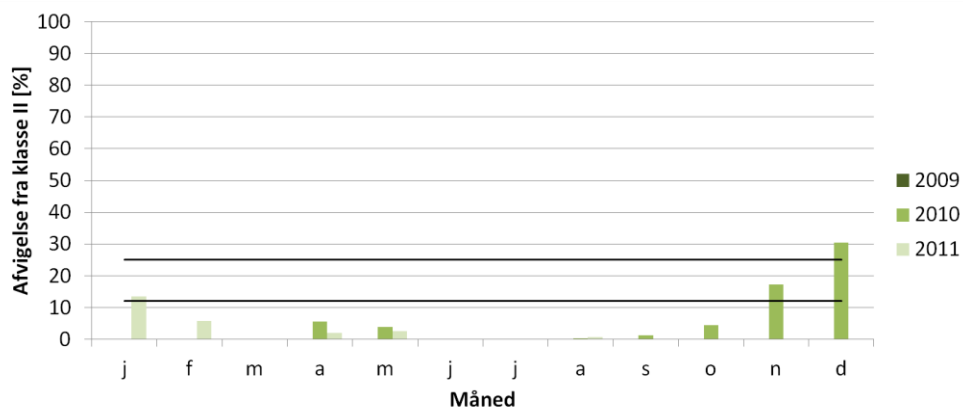
Tabel 5.15: Afvigelser i procent fra kategori II for værelse.



Figur 5.21: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for værelse.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	0	0	0	6	4	0	0	0	1	4	17	30
2011	14	6	0	2	3	0	0	1	0	-	-	-

Tabel 5.16: Afvigelser i procent fra kategori II for stue.



Figur 5.22: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for stue.

Det fremgår af ovenstående figurer, at afvigelserne fra kategori II er størst i vinterhalvåret, hvilket er helt som forventeligt, idet huset er meget lukket i denne periode end om sommeren hvor døre og vinduer ofte er åbne. Dog er afvigelserne i stue og køkken/alrum begrænsede i omfang. Desuden ses det, at værelset opnår de største afvigelser fra kategori II, hvilket kan skyldes, at dette rum har et væsentligt mindre volumen pr person end de øvrige rum. Ved vurdering af værdierne over året (jf nedenstående tabel) er det også værelset, der opnår det dårligste resultat med afvigelser fra kategori II i 27-28% af tiden.

	2009	2010	2011
Køkken/alrum	0	6	2
Værelse	0	28	27
Stue	0	7	3

Tabel 5.17: Samlet årsoversigt over afvigelser fra kategori II for alle rum.

5.3.2 Sammenhængende perioder med overskridelse af kategori II

I det følgende vurderes hvor mange sammenhængende 8 timers perioder der er, hvor værdierne er udenfor kategori II.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	Køkken/alrum	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Værelse	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Stue	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	Køkken/alrum	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	6
	Værelse	0	9	11	8	7	6	4	5	8	11	16	16
	Stue	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	6
2011	Køkken/alrum	1	1	0	0	1	0	0	0	0	-	-	-
	Værelse	17	11	4	14	13	4	11	10	2	-	-	-
	Stue	1	1	0	0	1	0	0	0	0	-	-	-

Tabel 5.18: Antal sammenhængende perioder >8 timer hvor klasse II ikke er overholdt.

Resultaterne følger godt konklusionerne fra forrige afsnit, men desuden fremgår det, at der også i sommerperioden i værelset er perioder med over

8 timers sammenhængende overskridelse af kat. II, selvom ventilationen i denne periode ofte er væsentligt forøget vha naturlig ventilation.

Ved sammenfatning af resultaterne i Tabel 5.18 til årsniveau findes antal sammenhængende 8 timers perioder i løbet af et år i Tabel 5.19.

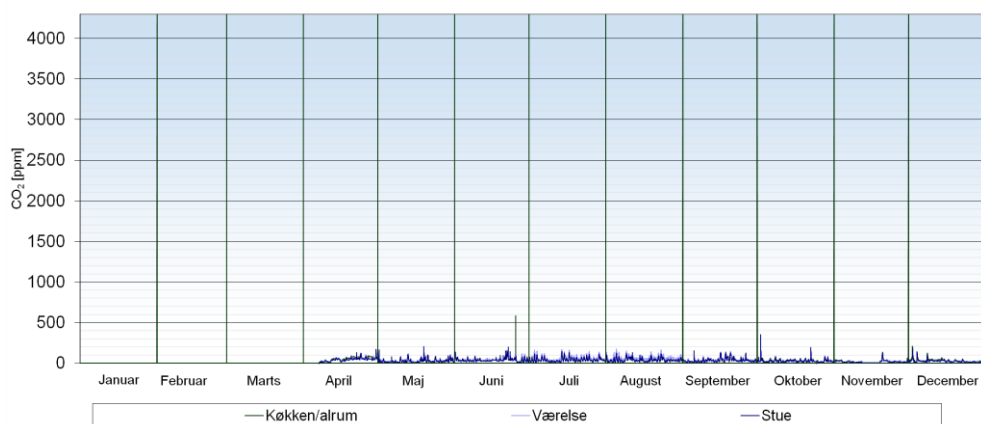
		Klasse II
Køkken/ alrum	2009	0
	2010	10
	2011	3
Værelse	2009	0
	2010	101
	2011	86
Stue	2009	0
	2010	11
	2011	3

Tabel 5.19: Antal sammenhængende perioder >8 timer hvor klasse II ikke er overholdt på årsbasis.

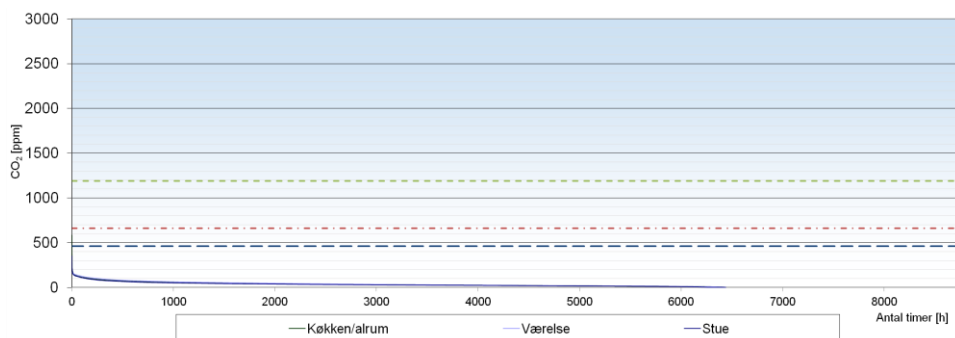
5.3.3 CO₂-målinger foretaget gennem hele året

Følgende afsnit indeholder en kronologisk oversigt over CO₂-målingerne i huset fratrasket udeniveau således, at de direkte kan sammenholdes med kravene fra hhv DS/EN 15251 og CR1752 (se evt afsnit 2.2.1).

2009

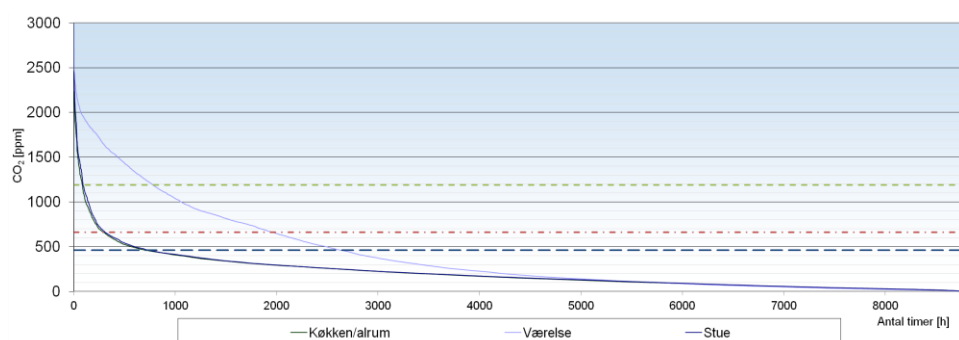
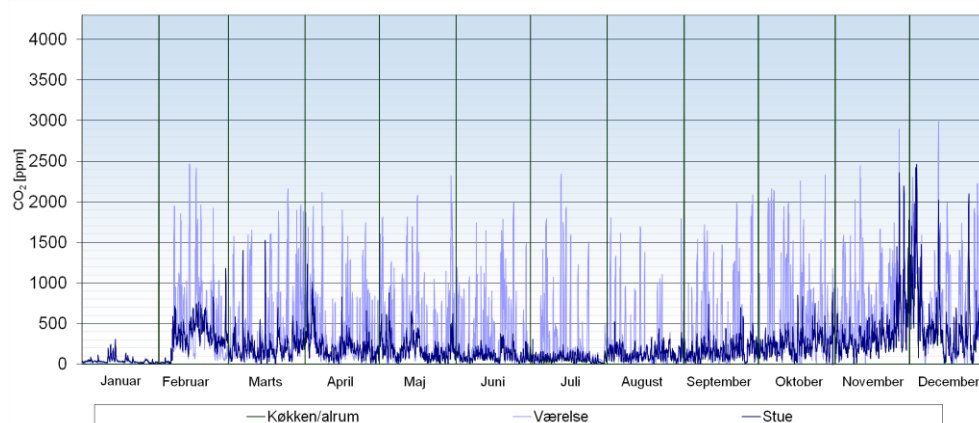


Figur 5.23: CO₂-niveau i de enkelte rum for 2009.

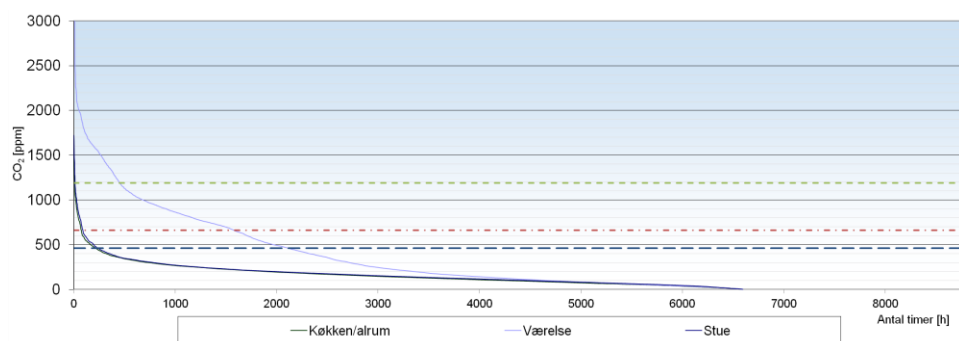
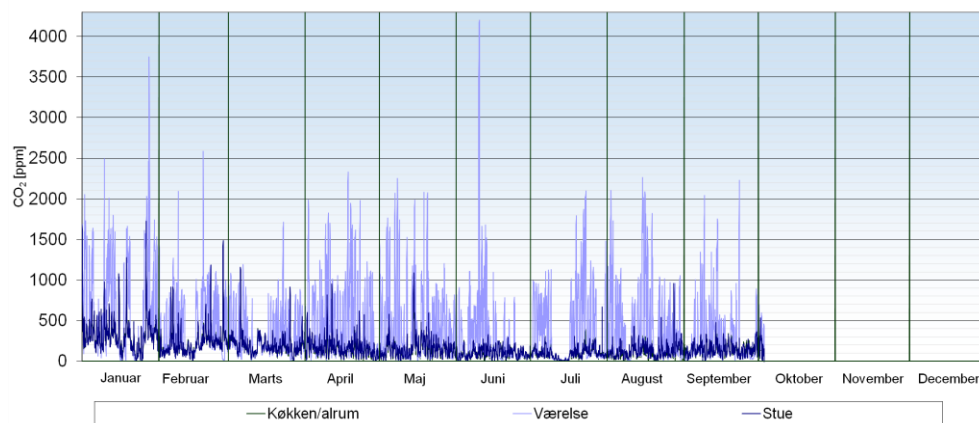


Figur 5.24: Akkumuleret CO₂-niveau for de enkelte rum for 2009.

2010



2011

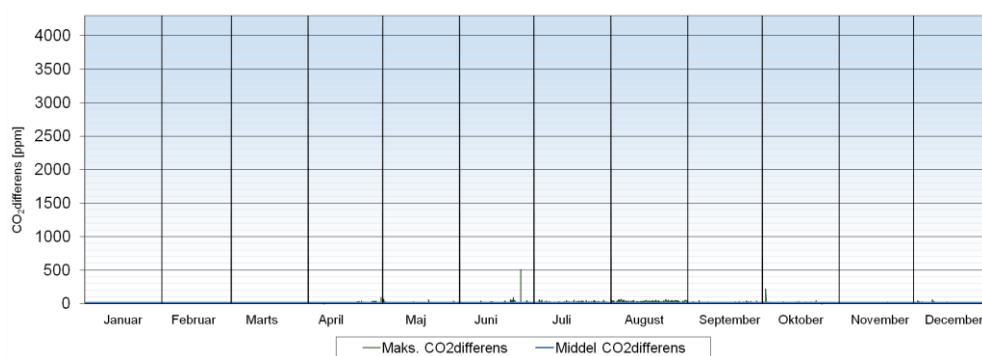


Det fremgår af CO₂-niveauet i de målte rum, at niveauet stiger en anelse i vinterperioden. Dette er som tidligere nævnt helt som forventeligt, da boligen i denne periode holdes mere tæt end om sommeren hvor døre og vinduer ofte er åbne. Der suppleres dermed med naturlig ventilation om sommeren. Desuden ses det, at ventilationen i værelset er utilstrækkelig, da CO₂-niveauet næsten dagligt kommer op på 1500-2000 ppm over udeniveau.

5.3.4 CO₂-forskel imellem rum

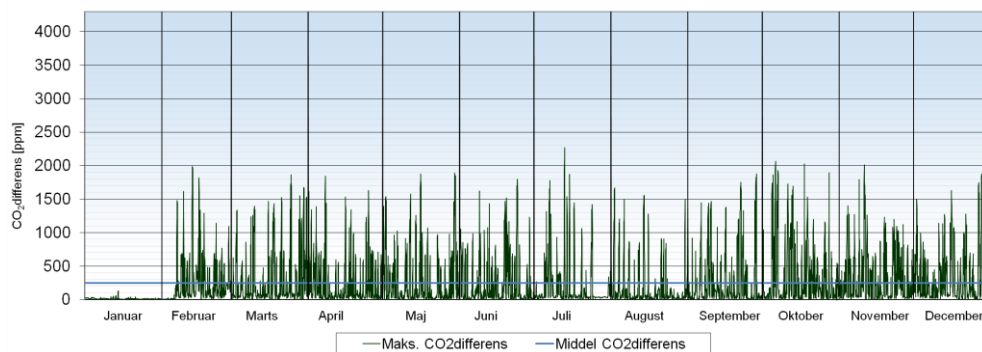
Det fremgår af forrige afsnit, at der er dårlig opblanding af luft i boligen, da niveauerne er meget forskellige. I det følgende vurderes forskellen i niveauerne.

2009



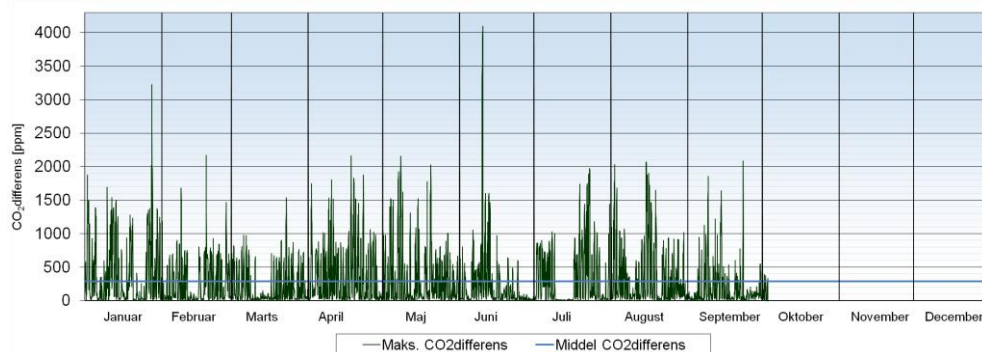
Figur 5.29: Maksimal CO₂-niveausforskel for de enkelte rum for 2009.

2010



Figur 5.30: Maksimal CO₂-niveausforskel for de enkelte rum for 2010.

2011



Figur 5.31: Maksimal CO₂-niveausforskel for de enkelte rum for 2011.

Forskellen i målte CO₂-niveauer er stort set ens året rundt.

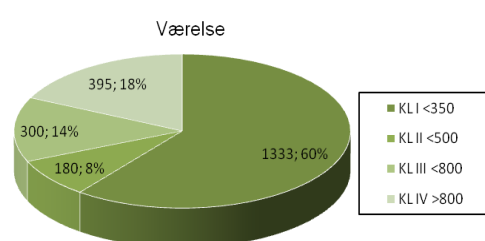
5.4 Opsamling: Atmosfærisk indeklima – luftkvalitet

Ud fra analyserne i afsnit 5.3 samt resultaterne i "Bilag C – Atmosfærisk indeklima (luftkvalitet)" vil der i det følgende blive opsummeret på resultaterne for huset. Der er i analyserne brugt følgende opdeling af sæsoner:

- Forår: marts, april, maj
- Sommer: juni, juli og august
- Efterår: september, oktober, november
- Vinter: december, januar, februar (fra samme år!)

5.4.1 Beskrivelse af sæsonvariationer

Forårssituation



Figur 5.32: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2011.

Da huset kun har været beboet tre forårmåneder i træk i foråret 2010 og 2011, ses der udelukkende på disse år. Der er i denne periode opnået kategori II i ca 95%-99% af tiden i både køkken/alrum og stue. I værelset (stueplan mod syd) opnås kat. II i 68% af tiden. I dette rum opnås desuden kat IV i 18% af tiden.

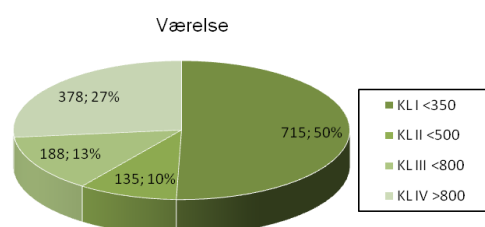
Sommersituation

I sommerperioderne opnås kat. II i 100% af tiden i både køkken/alrum og stue. I værelset er der stadig problemer i sommerperioden hvor kat. II opnås 83% hhv 74% af tiden i 2010 og 2011.

Efterårssituation

I efteråret 2010 opnås i stue og køkken/alrum kat. II i ca 93% af tiden, i 2011 næsten 100%. Dog er det væsentligt at huske, at efterår 2011 kun er baseret på september måned, hvor luftskiftet vil være højere end når oktober og november medregnes, som det er tilfældet i 2010. I denne periode er der kun opnået kat. II i 62% af tiden i værelset.

Vintersituation



Figur 5.33: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2011.

Som forventet stiger CO₂-niveauet i vintermånederne, da den naturlige ventilation i denne periode må forventes at være på et minimum. Der opnås kategori II i ca 90% af tiden i stue og køkken/alrum. I værelset opnås kun kat. II i 60% af tiden og 27% af tiden ligger værelset i kat. IV.

5.4.2 Overholdelse af krav/anbefalinger

I dette afsnit kontrolleres hvorledes resultaterne fundet i projektet afviger fra de opstillede krav og anbefalinger i afsnit 2.2.1.

DS/EN 15251 kategori II

Det fremgår vurderingerne ift DS/EN15251, at afvigelserne er størst i vinterhalvåret, hvilket er helt som forventeligt, idet vinduer og døre er mere lukkede i denne periode end om sommeren, hvor de ofte er åbne, og dermed bidrager til at forøge luftskiftet i boligen.

Desuden ses det, at værelset mod syd opnår de største afvigelser fra kategori II.

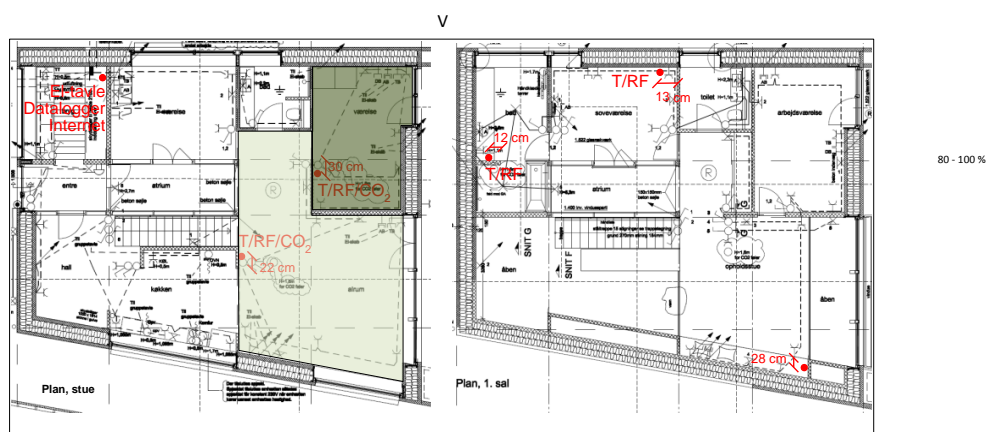
Sammenholdes med anbefalingen om maks. 5% overskridelse fra kat II opnås det stue og køkken/alrum i 2011 – her overholdes desuden også anbefalingen på max 3% af tiden med overskridelser. Værelset mod syd har afvigelser fra kat. II i ca. 27% af tiden, hvilket fortæller, at ventilationen i dette rum er utilstrækkelig.

Overskridelse af kategori II i en sammenhængende 8 timers periode

Resultaterne følger godt konklusionerne fra forrige afsnit, men desuden fremgår det, at der også i sommerperioden i værelset er perioder med over 8 timers sammenhængende overskridelse af kat. II, selvom ventilationen i denne periode ofte er væsentligt forøget vha naturlig ventilation. Ventilationen i værelset bør dermed forøges for at sikre et bedre atmosfærisk indeklima i dette rum.

5.4.3 Kritiske rum

Der er i de registrerede rum i denne bolig fundet problemer med CO₂-niveauet. Nedenstående figurer viser hvilke rum der har hhv de højeste og laveste koncentrationer af CO₂.



5.34 De kritiske rum, lys farve markerer rummet med det laveste CO₂-niveau og mørk farve markerer rummet med det højeste CO₂-niveau for 2009, 2010 og 2011.

Værelset opnår meget høje koncentrationer med overskridelser på op til 2000 ppm hen over en nat. Dette problem er typisk for børne- og soveværelser, hvor belastningen øges om natten og varer ved i en længere periode samtidig med, at volumenet i denne type rum ofte er væsentligt mindre end andre rum i boligen.

5.5 Atmosfærisk indeklima - fugt

I afsnit 2.2 er det beskrevet hvilke krav der er opsat for det atmosfæriske indeklima, herunder niveauet af den relative luftfugtighed (RF) i bygningen, som vurderes i dette afsnit.

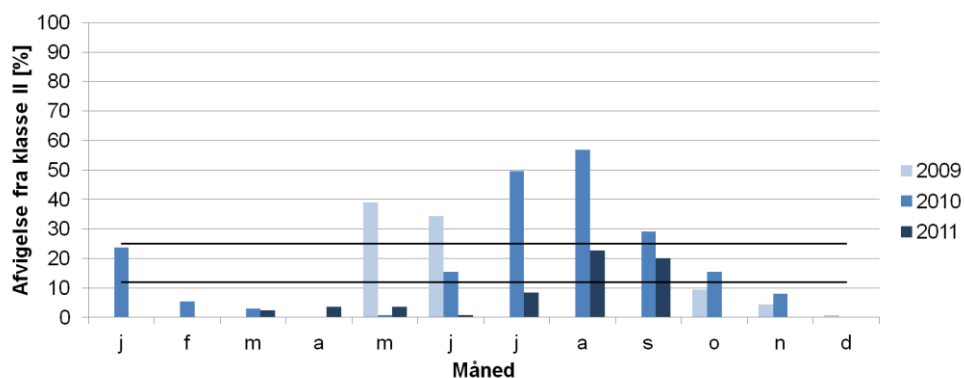
Det ønskes at overholde kategori II. Oversigt over, hvilke analyser der foretages for RF i bygningen findes i Tabel 2.6. I dette afsnit vil det blive belyst om disse krav er overholdt. Sammenfatning af resultaterne i dette afsnit foretages i afsnit 5.6.

5.5.1 DS/EN 15251 – overholdelse af kategori II

I de følgende tabeller vises den procentvise andel af timer der ligger udenfor kategori II. Opgørelserne er foretaget på månedsbasis i Tabel 5.20 til Tabel 5.24. En årsopdelt opgørelse findes i Tabel 5.25. Sæsonopdelte værdier samt værdier for fordelingen mellem kategori I, II og III findes i "Bilag D – Atmosfærisk indeklima (fugt)".

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	39	34	0	0	0	9	4	1
2010	24	6	3	0	1	16	50	57	29	15	8	0
2011	0	0	2	4	4	1	8	23	20	-	-	-

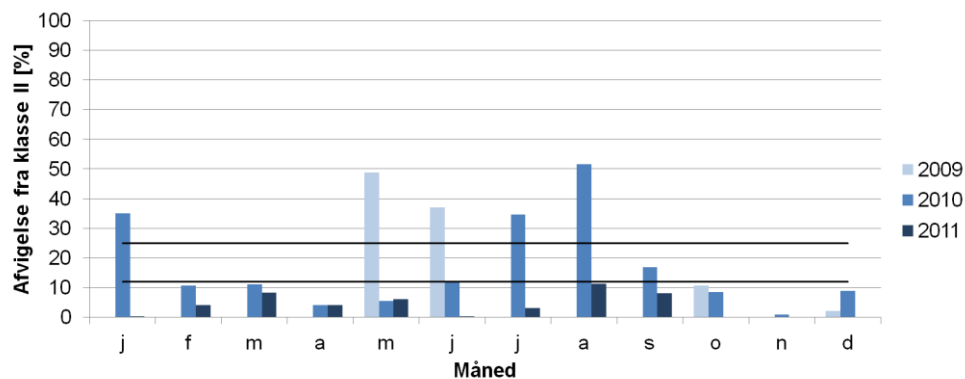
Tabel 5.20: Afvigelser i procent fra kategori II for køkken/alrum.



Figur 5.35: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for køkken/alrum.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	49	37	0	0	0	11	0	2
2010	35	11	11	4	6	12	35	52	17	8	1	9
2011	0	4	8	4	6	0	3	11	8	-	-	-

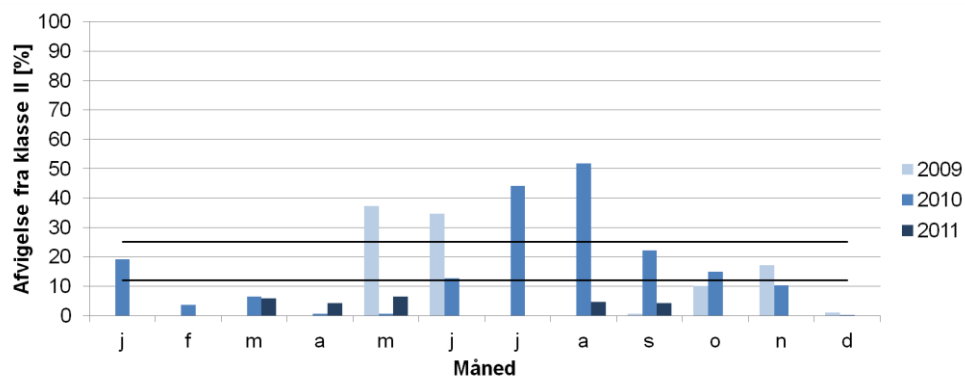
Tabel 5.21: Afvigelser i procent fra kategori II for værelse.



Figur 5.36: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for værelse.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	37	35	0	0	1	10	17	1
2010	19	4	6	1	1	13	44	52	22	15	10	0
2011	0	0	6	4	6	0	0	5	4	-	-	-

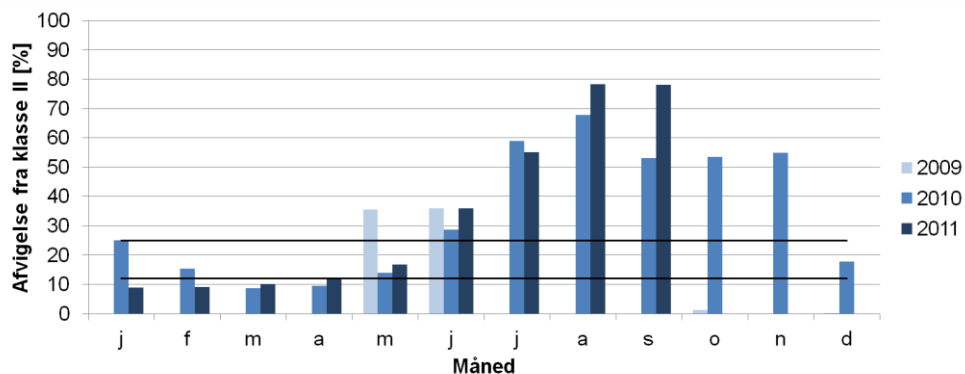
Tabel 5.22: Afvigelser i procent fra kategori II for stue.



Figur 5.37: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for stue.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	36	36	0	0	0	1	0	0
2010	25	15	9	10	14	29	59	68	53	53	55	18
2011	9	9	10	12	17	36	55	78	78	-	-	-

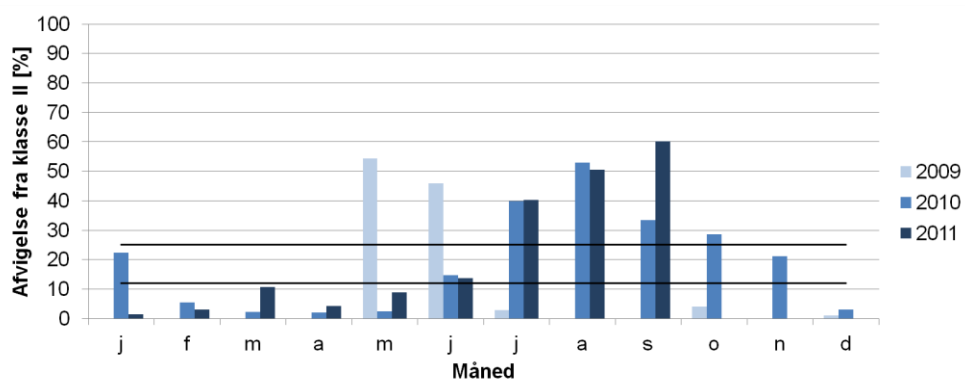
Tabel 5.23: Afvigelser i procent fra kategori II for baderum.



Figur 5.38: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for baderum.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	54	46	3	0	0	4	0	1
2010	22	6	2	2	2	15	40	53	33	29	21	3
2011	1	3	11	4	9	14	40	51	60	-	-	-

Tabel 5.24: Afvigelser i procent fra kategori II for soveværelse.



Figur 5.39: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for soveværelse.

Kategori II overholdes det meste af året, dog er der problemer i juli-september 2010 i hele huset. Desuden er perioden med afvigelser større i badeværelse og soveværelse. Soveværelset ligger i forbindelse med badeværelset, og vil med stor sandsynlighed blive påvirket her fra. Hvorvidt afvigelserne skyldes for høj eller lav RF fremgår ikke her, men vurderes målingerne af RF i afsnit 5.5.5 ses, at det skyldes for høj RF.

Ved vurdering af årsoversigten ses også, at det i 2011 kun er bad- og soveværelse der overskrider kategori II.

	2009	2010	2011
Køkken/alrum	14	17	5
Værelse	15	17	4
Stue	15	16	2
Baderum	12	34	50
Soveværelse	17	19	41

Tabel 5.25: Samlet årsoversigt over afvigelser fra kategori II for alle rum.

5.5.2 Perioder med RF<45%

For at sikre anbefalingen om mindst en måned med RF<45% i løbet af årets foretages en dynamisk vurdering af måleresultaterne. Resultatet fremgår af Tabel 5.26.

		Antal perioder
Køkken/ alrum	2009	2
	2010	2
	2011	3
Værelse	2009	2
	2010	2
	2011	3
Stue	2009	2
	2010	2
	2011	3
Baderum	2009	2
	2010	1
	2011	1
Sove- værelse	2009	2
	2010	1
	2011	1

Tabel 5.26: Antal sammenhængende perioder >1 måned, hvor den relative fugtighed er under 45 %.

Det fremgår af ovenstående tabel, at der alle år i alle rum er mindst 1 måned med RF < 45%.

5.5.3 Tid med RF>75%

For at sikre anbefalingen om maksimalt 1% af tiden med RF>75% i løbet af årets foretages en dynamisk vurdering af måleresultaterne. Resultatet fremgår af Tabel 5.27 på månedsbasis og i Tabel 5.28 på årsbasis.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	Køkken /alrum	-	-	-		0	0	0	0	0	0	0	0
	Værelse	-	-	-		0	0	0	0	0	0	0	0
	Stue	-	-	-		0	0	0	0	0	0	0	0
	Baderum	-	-	-		0	0	0	0	0	0	0	0
	Soveværelse	-	-	-		0	0	0	0	0	0	0	0
2010	Køkken /alrum	0	0	0	0	0	0	4	13	1	0	0	0
	Værelse	0	0	0	0	0	0	1	11	0	1	0	0
	Stue	0	0	0	0	0	0	1	10	0	0	0	0
	Baderum	0	2	0	1	1	2	16	23	5	8	5	2
	Soveværelse	0	0	0	0	0	0	7	14	0	0	0	0
2011	Køkken/alrum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	Værelse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	Stue	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	Baderum	1	1	1	0	0	1	8	21	21	-	-	-
	Soveværelse	0	0	0	0	0	0	0	8	9	-	-	-

Tabel 5.27: Procentdel med relativ fugtighed over 75 %.

Af ovenstående og nedenstående tabel fremgår det, at baderum og soveværelse flere gange opnår længerevarende perioder med RF > 75%. I badeværelset kan det forventes, men i soveværelset er det problematisk. Desuden er der som tidligere nævnt problemer i alle rum i august 2010.

		$\phi > 75\%$
Køkken/ alrum	2009	0
	2010	1
	2011	0
Værelse	2009	0
	2010	1
	2011	0
Stue	2009	0
	2010	1
	2011	0
Baderum	2009	0
	2010	5
	2011	5
Sove- værelse	2009	0
	2010	2
	2011	1

Tabel 5.28: Årsværdier for andel af relativ fugtighed som er over 75 %.

5.5.4 Sammenhængende perioder med overskridelse af kategori II

I det følgende vurderes hvor mange sammenhængende 24 timers perioder der er, hvor værdierne er udenfor kategori II. Vurderingen foretages på månedsbasis i Tabel 5.29 og på årsbasis i Tabel 5.30.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	Køkken/ alrum	-	-	-	1	2	3	0	0	0	1	0	0
	Værelse	-	-	-	2	2	2	0	0	0	1	0	0
	Stue	-	-	-	1	1	3	0	0	0	1	2	0
	Baderum	-	-	-	1	1	3	0	0	0	0	0	0
	Sove- værelse	-	-	-	2	3	2	0	0	0	0	0	0
2010	Køkken/ alrum	3	0	0	1	2	3	0	0	0	1	0	0
	Værelse	4	2	1	0	0	0	3	3	1	1	0	1
	Stue	1	0	0	0	0	1	4	3	1	2	1	0
	Baderum	3	0	0	0	0	2	5	5	5	3	3	0
	Sove- værelse	3	0	0	2	3	2	0	0	0	0	0	0
2011	Køkken/ alrum	3	0	0	1	2	3	0	0	0	-	-	-
	Værelse	0	0	0	0	0	0	0	1	1	-	-	-
	Stue	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-	-	-
	Baderum	0	0	0	0	1	2	3	7	5	-	-	-
	Sove- værelse	3	0	0	2	3	2	0	0	0	-	-	-

Tabel 5.29: Antal sammenhængende perioder >24 timer hvor klasse II ikke er overholdt.

		Klasse II
Køkken/ alrum	2009	7
	2010	18
	2011	4
Værelse	2009	7
	2010	16
	2011	2
Stue	2009	8
	2010	14
	2011	1
Baderum	2009	5
	2010	28
	2011	20
Sove- værelse	2009	7
	2010	22
	2011	13

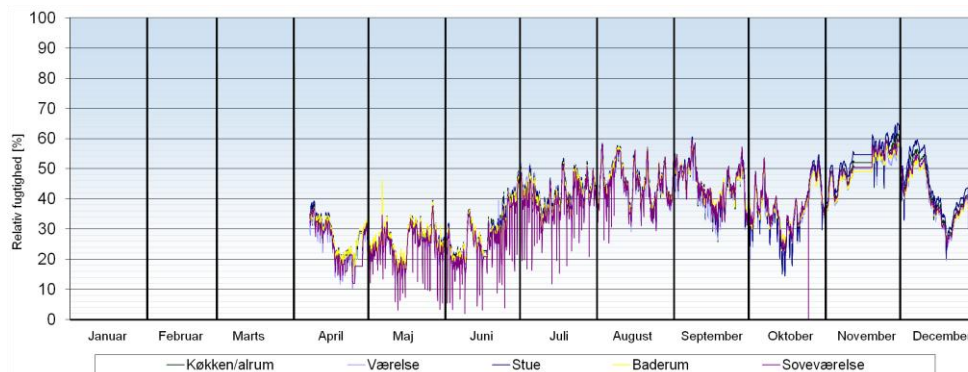
Tabel 5.30: Antal sammenhængende perioder >24 timer hvor klasse II ikke er overholdt på årsbasis.

Af ovenstående tabel fremgår det, at der findes adskillige perioder med overskridelser af kat. II når RF vurderes. Det største antal findes i bade- og soveværelse.

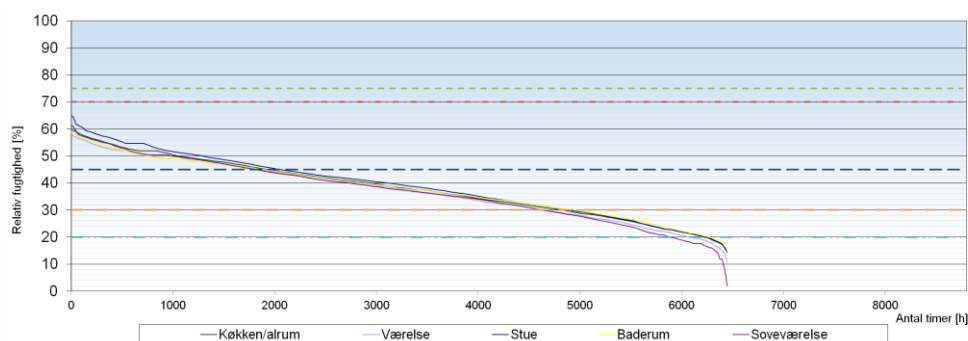
5.5.5 Fugtmålinger foretaget gennem hele året

Følgende afsnit viser målepunkterne for relativ luftfugtighed placeret rundt i huset.

2009

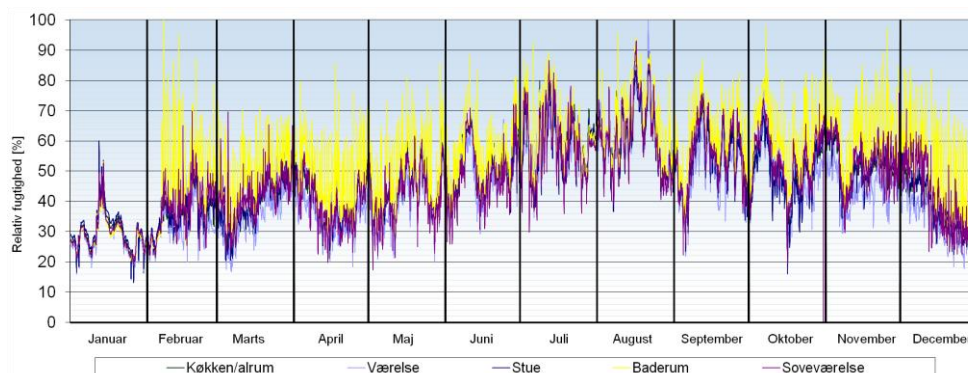


Figur 5.40: Relativ luftfugtighed i de enkelte rum for 2009.

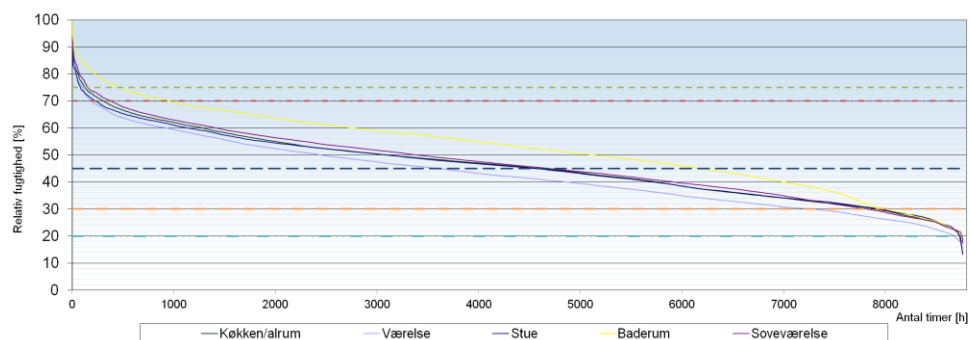


Figur 5.41: Akkumuleret relativ luftfugtighed for de enkelte rum for 2009.

2010

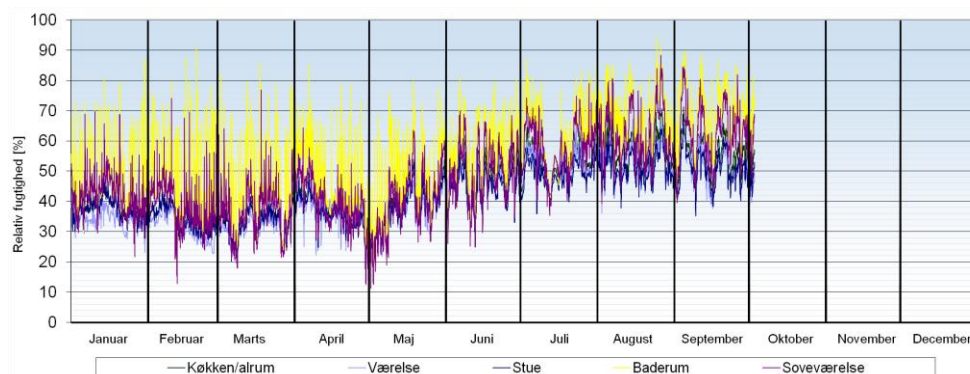


Figur 5.42: Relativ luftfugtighed i de enkelte rum for 2010.

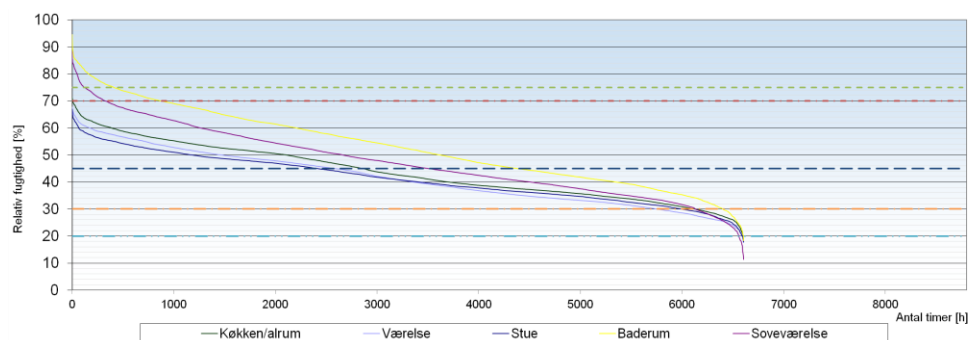


Figur 5.43: Akkumuleret relativ luftfugtighed for de enkelte rum for 2010.

2011



Figur 5.44: Relativ luftfugtighed i de enkelte rum for 2011.



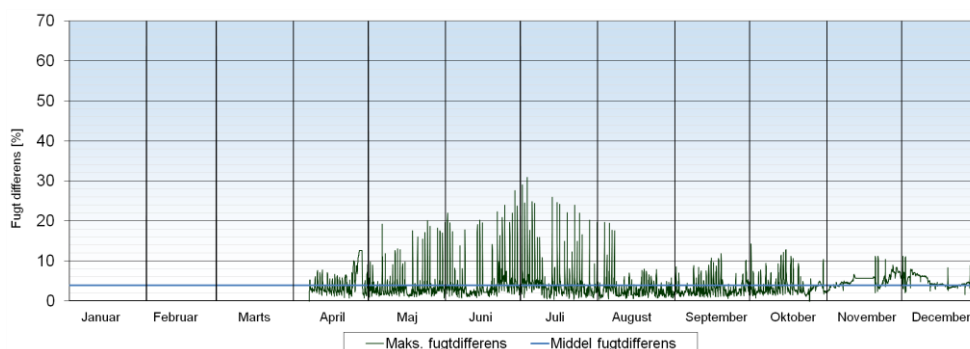
Figur 5.45: Akkumuleret relativ luftfugtighed for de enkelte rum for 2011.

Det fremgår af figurerne, at der er et stort spænd i målte værdier i løbet af året. Det er typisk badeværelset der har den højeste RF, men også soveværelset har høje værdier og en stor variation i værdierne. Der er i modsætning til flere af de øvrige huse ikke problemer med tør luft i vinterperioden.

5.5.6 Relativ luftfugtighedsforskel imellem rum

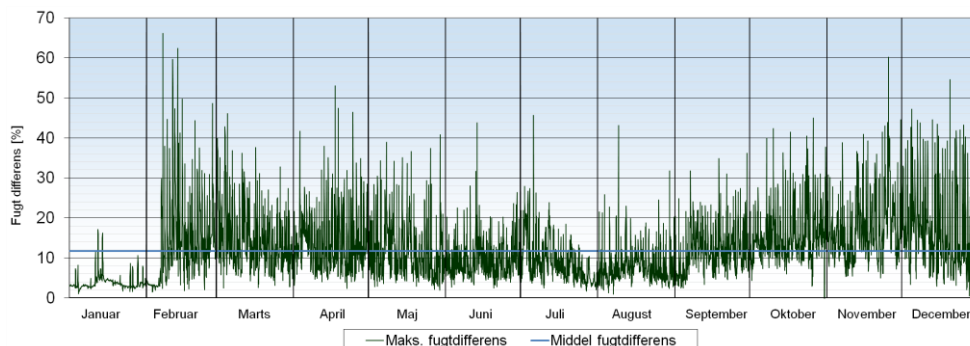
Følgende grafer viser forskellen i RF mellem rummet med den højeste og laveste værdi.

2009



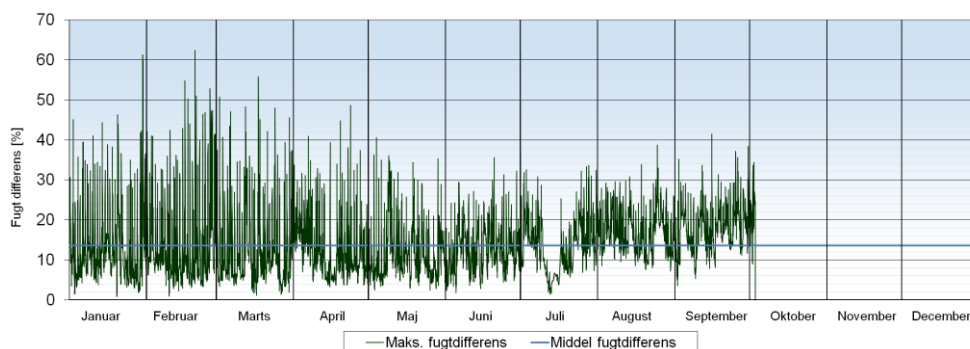
Figur 5.46: Maksimal relativ luftfugtighedsforskel imellem rummene for 2009.

2010



Figur 5.47: Maksimal relativ luftfugtighedsforskel imellem rummene for 2010.

2011



Figur 5.48: Maksimal relativ luftfugtighedsforskel imellem rummene for 2011.

Det fremgår af ovenstående figurer, at bundlinien for forskellen er næsten konstant. De store afvigelser der fremgår som korte lodrette linier opstår når der bades.

5.6 Opsamling: Atmosfærisk indeklima – fugt

Ud fra analyserne i afsnit 5.5 samt resultaterne i "Bilag D – Atmosfærisk indeklima (fugt)" vil der i det følgende blive opsummeret på resultaterne for huset. Der er i analyserne brugt følgende opdeling af sæsoner:

- Forår: marts, april, maj
- Sommer: juni, juli og august
- Efterår: september, oktober, november
- Vinter: december, januar, februar (fra samme år!)

5.6.1 Beskrivelse af sæsonvariationer

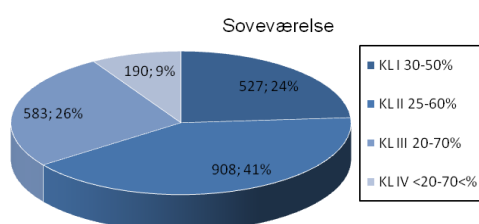
Forårssituation

Kategori II opnås ca 90% af tiden i alle rum. Der er derfor ingen problemer med RF i denne periode.

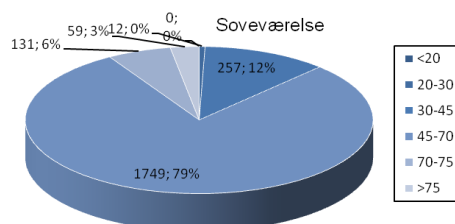
Sommersituation

Der er stor forskel på resultaterne i sommeren 2010 og 2011. I 2010 opnås kat. II i ca. 60% i alle rum, men i 2011 opnås kat. II ca 90% af tiden i stue, værelse og køkken/alrum. I soveværelse opnås kat II i 65% af tiden og i badeværelse i 44% af tiden.

Figur 5.49 og Figur 5.50 viser målinger fra soveværelset i sommeren 2011. Her fremgår det, at der er stor del af tiden er RF>70%.



Figur 5.49: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2011.



Figur 5.50: Fordeling for målt RF for sommersituation i soveværelse i 2011.

Efterårssituation

Også i efterårssæsonen er der problemer med RF i sove- og baderum. Især i 2011, hvor der kun opnås kat. II i ca. 41% af tiden i soveværelset og 22% af tiden i badeværelset. Køkken/alrum, stue og værelse fungerer bedre med kat. II i min 82% af tiden.

Vintersituation

I vinterperioden opnås gode resultater i huset med kat. II i min 80% af tiden. De fleste afvigelser skyldes lave værdier af RF.

5.6.2 Overholdelse af krav/anbefalinger

I dette afsnit kontrolleres hvorledes resultaterne fundet i projektet afviger fra de opstillede krav og anbefalinger i afsnit 2.2.2.

DS/EN 15251 – overholdelse af kategori II

Der er i alle de registrerede rum en del afvigelser fra kategori II i det tidlige efterår. I badeværelse og soveværelse (som også støder op til et badeværelse) findes de største afvigelser fra sensommeren og hen over efteråret. Disse afvigelser skyldes for høje værdier af RF.

Ved vurdering på årsbasis er alle værdier i 2009 (ubeboet) og 2010 langt fra de anbefalede maks. 5% afvigelse fra kategori II, men stue, værelse og køkken/alrum opnår gode resultater i 2011.

Perioder med RF<45%

Der opnås i alle år i alle rum mindst 1 måned med RF < 45%.

Tid med RF>75%

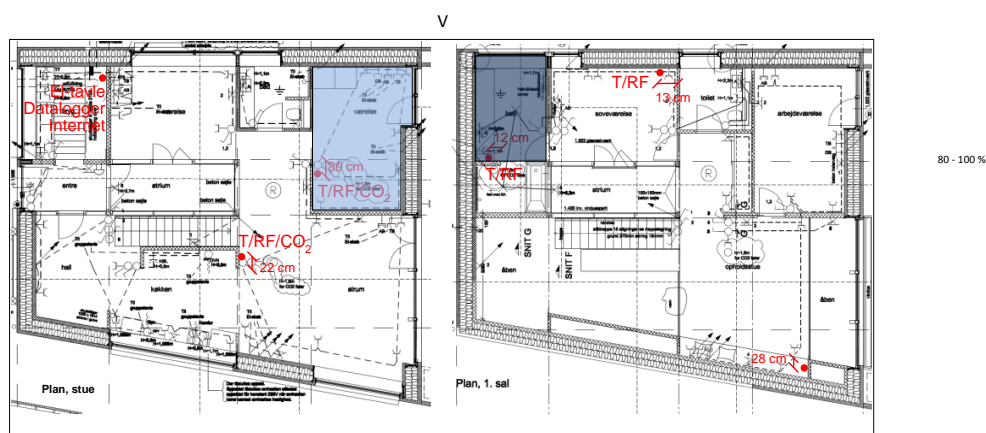
Der er i sommer og efterårsperioderne problemer med for høj andel af tid med RF over 75%.

Sammenhængende perioder med overskridelse af kategori II

Der findes mange perioder med overskridelser af kat. II når RF vurderes. Det største antal findes i bade- og soveværelse. Desuden er der stor forskel på 2010 og 2011.

5.6.3 Kritiske rum

Ved vurdering af de kritiske rum i boligen når RF vurderes findes det, at hhv badeværelse og soveværelse er de mest kritiske rum med høje værdier for RF en stor del af året. Køkken/alrum, stue og værelse er de rum, hvor de laveste værdier findes.

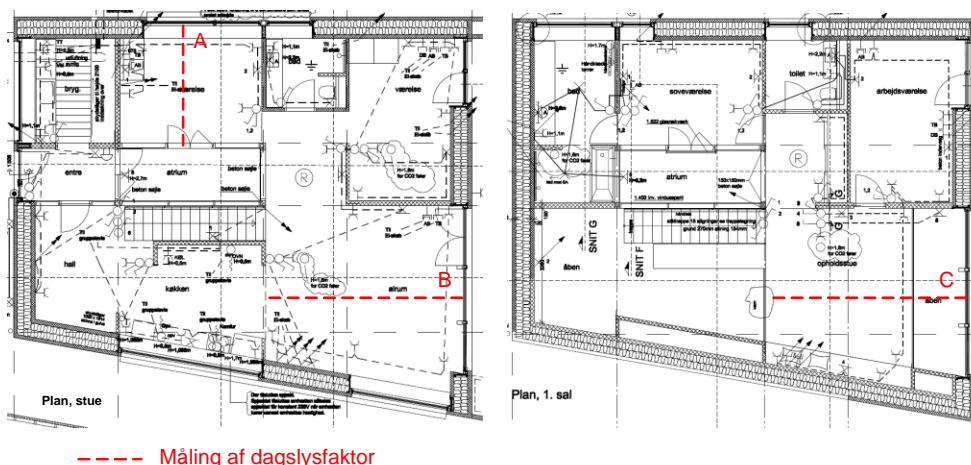


5.51 De kritiske rum, lys farve markerer rummet med den laveste relativ luftfugtighed og mørk farve markerer rummet med den højeste relativ luftfugtighed for 2010 og 2011.

5.7 Dagslysforhold

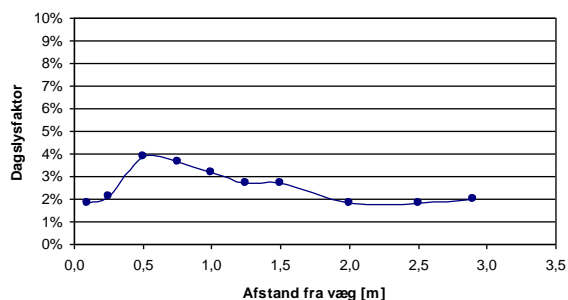
Registrering af dagslysfaktorer i huset blev foretaget 21. januar 2009. Målingerne følger beskrivelsen i rapporten "Komforthusene - Målinger og analyse af indeklime og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"..

Ved målingerne blev der målt dagslysfaktorer tre forskellige steder i huset. Positionen af målingerne ses i Figur 5.52.

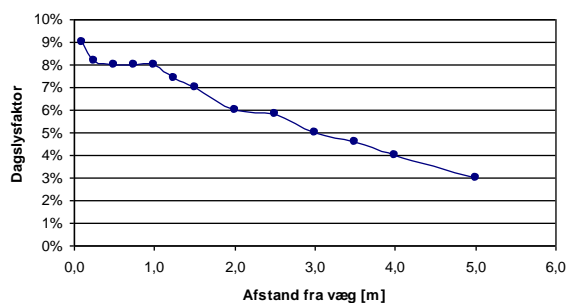


Figur 5.52. Positioner for måling af dagslysfaktorer ind gennem stuen.

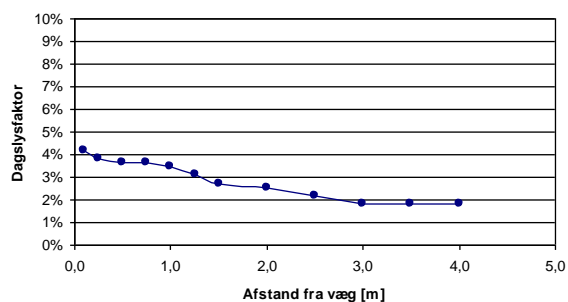
Resultaterne for målinger ses i Figur 5.53 og Figur 5.54.



Figur 5.53. Dagslysfaktor for position A i værelse.



Figur 5.54. Dagslysfaktor for position B i alrum.



Figur 5.55. Dagslysfaktor for position C i stue.

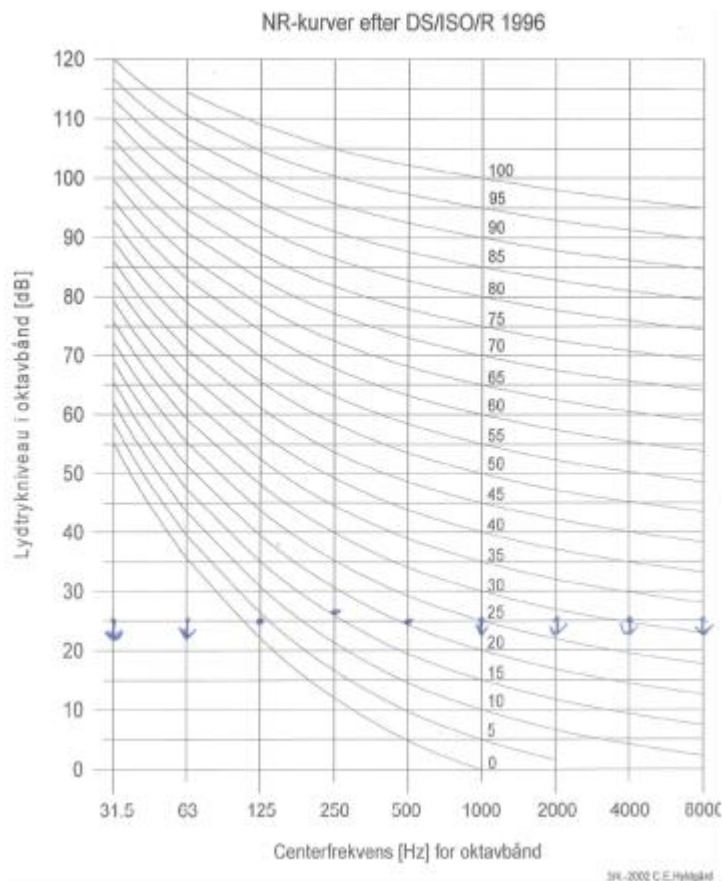
Som det ses af målingerne for dagslysfaktorer, er kravet på 2% ved bagvæggen af rummet opfyldt i alle de målte rum.

5.8 Akustisk indeklime

Måling af støj og efterklangstider i huset blev foretaget 21. januar 2009. Målingerne følger beskrivelsen i rapporten "Komforthusene - Målinger og analyse af indeklime og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011".

5.8.1 Støj fra tekniske installationer

Støjmålingerne er gennemført i stuen. Resultatet af støjmålingerne er indtastet i NR-diagrammet i Figur 5.56.



Figur 5.56. Målinger af støj fra tekniske installationer.

Som det ses af måleresultaterne i Figur 5.56 ligger målingerne foretaget for 250 Hz over 25 dB, som er kravet til lydklasse B. Herved er lydklasse B ikke opnået, men derimod lydklasse C, som svarer til bygningsreglementets minimumskrav.

Den præcise værdi for de frekvenser som medfører lydtrykniveau under 25 dB er ikke angivet, da måleinstrumentet ikke kan registrere længere ned end 25 dB.

5.8.2 Efterklangstid

Målingerne af efterklangstider er målt i stuen (i tomt rum). Resultatet af målingerne af efterklangstid ses i Tabel 5.31.

Oktavniveau	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Efterklangstid [s]	1,0	1,0	1,0	1,0	0,7	0,7	0,6

Tabel 5.31. Måling af efterklangstider ved forskellige frekvenser.

Som det ses af målingerne på efterklangstider, er kravet til dette ikke umiddelbart overholdt for alle oktavniveauer. Da efterklangstid skal måles i et møbleret rum, vil dette dog kunne ændre sig ved gentagelse af målingerne efter møblering.

6. Energiforbrug

I dette kapitel skulle husets energiforbrug vurderes. Da husets lejer lukkede for måleprojektets internetadgang til huset ved indflytning, er der ikke hentet data via kabel i hele perioden med beboelse. Det er dermed kun trådløse målere, der har sendt data ud af huset, dvs indeklimatestere. Det er derfor kun PHI-krav vedr overtemperatur, der kan kontrolleres.

6.1 Overholdelse af passivhus-kriterierne

Idet målinger for energiforbrug ikke findes i dette hus kontrolleres kun det tredje passivhus kriterium om kravet til tæthed. Ved opførelse og dimensionering af passivhuse, bliver der i høj grad lagt fokus på såvel varmetab igennem konstruktionen som tætheden af klimaskærmen. Tætheden af boligen er kontrolleret ved blowerdoor test af hvert konsortium. Resultatet af blowerdoor testen kan ses i Tabel 6.1 sammen med Passivhuskriterierne og kravet fra bygningsreglementet 2008.

Lufttæthed		Krav	Målt værdi
PHI	[h ⁻¹] v. ΔP = 50 Pa	0,6	0,40
BR08	[l/s pr m ²] v. ΔP = 50 Pa	1,5	0,21

Tabel 6.1. Blowerdoor testresultat og krav fra PHI samt bygningsreglementet 2008.

Det kan ses fra blowerdoor-testresultatet at passivhus kriteriet på 0,60 h⁻¹ er overholdt. Kravet til passivhuse er højere end kravet fra bygningsreglementet 2008, som i dette tilfælde er ca 7 gange større end den målte infiltration.

6.2 Overholdelse af passivhus-anbefaling om maks 10% overtemperatur

Det anbefales af PHI at der maks. 10% af tiden er temperaturer over 25°C. Ved brug af målte temperaturer for 2011 sammenholdes resultaterne med data fra PHPP. Denne sammenligning er foretaget i Tabel 6.2.

	Forventet tid med overtemperatur beregnet i PHPP for standard vejrdato	Forventet tid med overtemperatur beregnet med kunstigt år	Målt ud fra værdier i kunstigt år (middel for alle rum)
Overtemperatur [%]	0	-	6

Tabel 6.2: Kontrol af passivhus-anbefaling om maks 10% tid med overtemperatur.

Det ses af ovenstående tabel, at huset opfylder anbefalingen om overtemperatur i maks 10% af tiden. De 6% er fundet som en middelværdi for alle rum. I stuen var afvigelsen på 11%.

7. Installationer

Da data for el-forbrug i huset ikke findes, er der ikke vurderet hvorledes SEL-værdien for anlægget har været gennem måleperioden.

Vurdering af varmevekslerens effektivitet fremgår af projektets tværgående rapport "*Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011*".

8. Kildeliste

- [BR08] *Bygningsreglement 2008*, <http://www.ebst.dk/br08.dk>
- [CR1752] *DS/EN/CR 1752, Ventilation i bygninger – Projekteringskriterier for indeklimaet*, Dansk standard, 2001
- [DS490] DS 490, Lysklassifikation af boliger, Dansk standard, 2007
- [Koch et all.] *Fugt i boligen*, Koch, A., Kvistgaard, B., Larsen, J. og Nielsen, T., Teknologisk Institut, 1987
- [Hyldgård] *Støjfri ventilationsanlæg*, Carl Erik Hyldgård, Aalborg Universitet, Institut for Byggeri og Anlæg, Indeklima og Energi, DCE Lecture Notes No. 15, 2007, ISSN 1901-7286
- [Larsen] *Vurdering af indeklimaet i hidtidigt lavenergibyggeri - med henblik på forbedringer i fremtidens lavenergibyggeri*, Tine Steen Larsen, Aalborg Universitet, Institut for Byggeri og Anlæg, 2011. 65 s. (DCE Contract Reports; 100)
- [PHPP2007] *Passive House Planning Package, Technical information PHI 2007/1, Requirements for Quality Approved Passive Houses*, Wolfgang Feist, Rainer Pfluger m.fl, 2007
- [SBI196] *SBI-anvisning 196, Indeklimahåndbogen*, Ole Valbjørn, Susse Lausten, John Høwisch, Ove Nielsen, Peter A. Nielsen, Statens byggeforskningsinstitut, 2000
- [SBI217] *SBI-anvisning 217, Udførelse af bygningsakustiske målinger*, Dan Hoffmeyer
Henrik S. Olesen & Birgit Rasmussen, Statens byggeforskningsinstitut, 2008
- [SBI219] *SBI-anvisning 219, Dagslys i rum og bygninger*, Kjeld Johnsen & Jens Christoffersen, Statens byggeforskningsinstitut, 2009
- [SBI224] *SBI-anvisning 224, Fugt i bygninger*, Erik Brandt m.fl., Statens byggeforskningsinstitut, 2009
- [DS/EN 15251] *DS/EN 15251, Input-parametre til indeklimaet ved design og bestemmelse af bygningers energimæssige ydeevne vedrørende indendørs luftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustik*, Dansk standard, 2007.

9. Bilag A – Oprindelig version af indeklimavurdering

Nedenstående afsnit er den vurderingsmetode der i projektets start i 2008 blev opstillet til vurdering af indeklimate. Afsnittet er IKKE brugt i nærværende rapport, men vedlægges blot til orientering.

Vurdering af målingerne foretages for det termiske og atmosfæriske indeklimate ved brug af retningslinierne opstillet i "DS/EN/CR 1752, Ventilation i bygninger – Projekteringskriterier for indeklimate". Der er i konkurrenceprogrammet for Komforthusene ikke stillet konkrete krav om opfyldelse af et specifikt niveau, men da husene markedsføres som Komforthuse, bør kategori B som minimum være opfyldt. Måleresultaterne fra målingerne af temperatur, relativ fugtighed og CO₂-niveau vil derfor blive holdt op mod en opfyldelse af dette. Kravene til den termiske og atmosfæriske komfort ud fra DS/EN/CR 1752 er gennemgået i afsnit 9.1 og 9.2. Krav til dagslysfaktoren i centrale rum i huset gennemgås i afsnit 9.3 og tager udgangspunkt i BR08. Krav til det akustiske indeklimate tager udgangspunkt i DS490, Lydklassifikation af boliger og gennemgås i afsnit 9.4.

9.1 Termisk indeklimate

For at kunne opstille et krav til det termiske indeklimate, skal et aktivitetsniveau i huset antages. Her er der brugt 1,2 met, hvilket svarer til stillesiddende aktivitet. Der opstilles i Tabel 9.1 temperaturintervaller for både kategori A, B og C. Kategori A svarer til et forventet antal utilfredse med de termiske omgivelser på <6%, kategori B svarer til <10% utilfredse og kategori C svarer til <15% utilfredse. [CR1752]

Aktivitetsniveau [met]			1,2		
Kategori			A	B	C
Operativ temperatur	[°C]	Sommer	24,5 ± 1,0	24,5 ± 1,5	24,5 ± 2,5
		Vinter	22,0 ± 1,0	22,0 ± 2,0	22,0 ± 3,0
Maksimal middellufthastighed	[m/s]	Sommer	0,18	0,22	0,25
		Vinter	0,15	0,18	0,21

Tabel 9.1. Krav til temperatur og middellufthastigheder for hhv kategori A, B og C. [CR1752]

Som det ses i Tabel 9.1 er der også krav til middellufthastigheden for hver enkelt kategori, men dette vil ikke blive målt og vurderet i dette projekt.

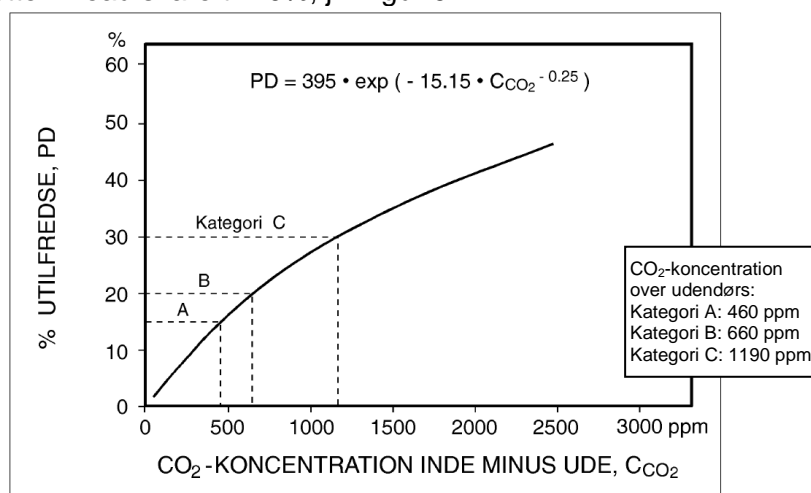
9.2 Atmosfærisk indeklimate

Som indikator for luftkvaliteten i huset vurderes både CO₂-niveauet i huset samt den relative luftfugtighed. Dog er bidrag fra fx menneskelige bioeffluenter samt afgang af materialer også noget der spiller ind på vores vurdering af luftkvaliteten i et rum. Dette er dog ikke målbart på samme måde, som ovenstående parametre, men vurderes i stedet bl.a. via vores lugtesans. Fælles for alle påvirkningerne af det atmosfæriske indeklimate er, at antallet af utilfredse reduceres når ventilationsmængden forøges, men en forøget ventilationsmængde resulterer samtidig i et forøget energiforbrug, så det er her vigtigt at finde en balance.

9.2.1 Vurdering af CO₂-niveau

Ved vurdering af CO₂-niveauet i huset sammenholdes niveauet med kategori B fra CR1752. Dette svarer til en CO₂-koncentration, der maksimalt er 660 ppm over koncentrationen udendørs, som fastsættes til 370 ppm. Dvs at CO₂-niveauet indendørs skal være mindre end 1030 ppm

for at opfylde kategori B. Antallet af utilfredse med den oplevede luftkvalitet vil med dette niveau svare til 20%, jf. Figur 9.1.

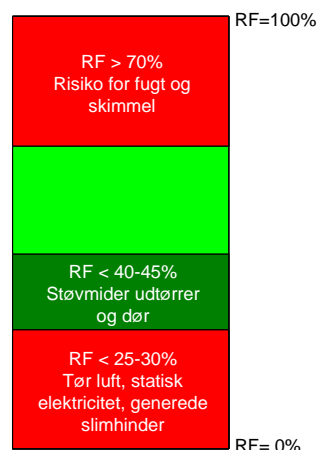


Figur 9.1. Oplevet luftkvalitet som funktion af CO₂-koncentrationen indendørs minus udendørs. [CR1752]

9.2.2 Vurdering af relativ luftfugtighed

Ved vurdering af den relative luftfugtighed (RF) anbefales det i CR1752, at RF holdes mellem 30% og 70%.

Den nedre grænse på de 30% bør overholdes, da der ellers vil opstå gener i form af tør luft, statisk elektricitet og udtørrede slimhinder. Den øvre grænse på 70% bør overholdes for at undgå problemer med fugt og skimmel i boligen, som efterfølgende kan medføre allergi samt dårlig lugt. I [SBI224] angives desuden en kritisk grænse på RF>75%, hvor risiko for problemer i konstruktionerne kan opstå.



Den sidste grænse, som bliver vurderet i dette projekt, er en RF<45%. Det anbefales i [SBI196] at dette kan overholdes i minimum en måned om året, da støvmider dør, når den relative luftfugtighed kommer under 45%.

9.3 Dagslys

Ved vurdering af dagslysforhold i husene tages der udgangspunkt i kravene fra bygningsreglement 2008 [BR08]. Her står bl.a. i "afsnit 6.5.1. Generelt":

Bestemmelse	Vejledning
STK. 1 Arbejdsrum, opholdsrum, beboelsesrum og fælles adgangsveje skal have tilfredsstillende lys, uden at det medfører unødvendig varmebelastning.	(6.5.1, STK. 1) Tilfredsstillende lys skal vurderes i sammenhæng med de aktiviteter og arbejdsopgaver, som planlægges i rummet. Kravet om dagslys skal ses i sammenhæng med almene sundhedsmæssige aspekter af dagslyset. Mængden af dagslys har endvidere indflydelse på behovet for kunstig belysning.

Og slås der op under *dagslys* i afsnit 6.5.2 findes følgende bestemmelse og vejledning:

Bestemmelse	Vejledning
STK. 1 Arbejdsrum, opholdsrum i institutioner, undervisningslokaler, spiserum samt beboelsesrum skal have en sådan tilgang af dagslys, at rummene er vel belyste. Vinduer skal udføres, placeres og eventuelt afskærmes, så solindfald gennem dem ikke medfører overophedning i rummene, og så gener ved direkte solstråling kan undgås.	(6.5.2, STK. 1) I arbejdsrum kan dagslyset i almindelighed anses for at være tilstrækkeligt, når rudearealet ved sidelys svarer til mindst 10 pct. af gulvarealet eller ved ovenlys mindst 7 pct. af gulvareal, forudsat at ruderne har en lystransmittans på mindst 0,75. De 10 pct. og 7 pct. er vejledende ved normal placering af bygningen samt normal udformning og indretning af lokalerne. Såfremt vinduestypen er ukendt på projekteringsstidspunktet, kan omregning fra karmlysningsareal til rudeareal ske ved at multiplicere karmlysningsarealet med faktoren 0,7. Rudearealet skal forøges forholdsmæssigt ved reduceret lysgennemgang (fx solafskærmende ruder) eller formindsket lysadgang til vinduerne (fx ved tætliggende bygninger). Dagslyset kan ligeledes anses for at være tilstrækkeligt, når det ved beregning eller måling kan eftervises, at der er en dagslysfaktor på 2 pct. ved arbejdspladserne. Ved bestemmelse af dagslysfaktoren tages der hensyn til de faktiske forhold, herunder udformningen af vinduesudformning, rudens lystransmittans samt rummets og omgivelsernes karakter. Der henvises til By og Byg Anvisning 203: Beregning af dagslys i bygninger samt SBI-anvisning 219: Dagslys i rum og bygninger, 2007.

Ved vurdering af resultaterne fundet i dette projekt vil en dagslysfaktor på 2% også blive brugt som en minimumsgrænse for dagslysfaktoren, men hvis forholdene skal vurderes som gode dagslysforhold, bør dette kunne opnås hele vejen ind gennem rummet og altså ikke kun i områder, der kan betragtes som arbejdspladser. På denne måde vil dybden af rummet også kunne medtages i vurderingen, da dybe rum bør have større eller højere placerede vinduesarealer end smalle rum.

9.4 Akustisk indeklima

Ved vurdering af målinger af støj fra ventilationsanlægget og efterklangstider i husene er der taget udgangspunkt i *DS490, Lydklassifikation af boliger*, da der i BR08 henvises til et funktionskrav heri, som er opfyldt ved opnåelse af klasse C.

Følgende uddrag fra BR08 er taget fra kapitel 6.4 *Akustisk indeklima* afsnit 6.4.2 *Boliger og lignende bygninger benyttet til overnatning*.

Bestemmelse	Vejledning
STK. 1 Boliger og lignende bygninger benyttet til overnatning og deres installationer skal udformes, så de, som opholder sig i bygningerne, ikke generes af lyd fra rum i tilgrænsende bolig- og erhvervsenheder, fra bygningens installationer samt fra nærliggende veje og jernbaner.	(6.4.2, STK. 1 - STK. 4) Boliger omfatter i denne forbindelse også hoteller, kollegier, pensionater, kroer, klublejligheder, kostskoler, sygehjem, plejehjem, døgninstitutioner og lignende bygninger, der benyttes til overnatning. Som fællesrum forstås fx fælles opholdsrum for flere boliger, trapperum eller gange. Funktionskravet for boliger anses for opfyldt, når de udføres som klasse C i DS 490, Lydklassifikation af boliger.

I udbudsmaterialet brugt til Komforthusene blev følgende krav til akustikken i huset sat:

Lydkrav

Der skal tages hensyn til bygningens lydmæssige formåen i projektet, så huset fremstår som et komfortabelt hus at leve i efterfølgende. Her skal specielt tages hensyn til de interne lydproblematikker, såsom efterklangstid.

Ved alle konstruktionssamlinger, installationer og gennemføringen skal husets lydmæssige formåen sikres.

Ses der på definitionerne af hhv klasse B og klasse C i DS 490 findes følgende formuleringer: [DS490]

4.2

Lydklasse B

Lydklasse med tydeligt bedre lydforhold end byggelovgivningens minimumkrav for boliger. Beboere bliver kun i begrænset omfang forstyrret af lyd eller støj.

4.3

Lydklasse C

Lydklasse svarende til intentionerne i byggelovgivningens minimumkrav. Op til mellem 15 % og 20 % af beboerne kan forventes at blive forstyrret af lyd eller støj.

Ved sammenholdelse af kravene i udbudsmaterialet og definitionerne af klasse B og C, vælges det i måleprojektet at stille et krav om opnåelse af niveau B.

9.4.1 Krav til støj fra tekniske installationer

Ved vurdering af støj fra tekniske installationer, som i alle Komforthusene vil være støj fra ventilationsanlæg/kompaktaggregater, kompressorer, pumper mm, gælder følgende: [DS490]

Grænseværdier for støj fra tekniske installationer gælder for den enkelte installation og er relateret til umøblerede rum med lukkede vinduer og døre. Hvis målingerne foretages under andre rumforhold, foretages korrektioner i overensstemmelse med [1] i bibliografien.

I tilfælde af lavfrekvent støj bør det A-vægtede lydtrykniveau i det lavfrekvente område, $L_{pA,LF}$, ikke overstige 25 dB om dagen (kl. 07-18) eller 20 dB aften og nat (kl. 18-07). I lydklasse A og B bør overholdes grænseværdier, der er 5 dB lavere. Grænseværdier for lavfrekvent støj er relateret til en særlig målemetode, se [4] i bibliografien.

Kravene til maksimale grænseværdier for støj fra tekniske installationer er angivet i Tabel 9.2.

Rumtype	Målestørrelse	Klasse A i dB	Klasse B i dB	Klasse C i dB	Klasse D i dB
I beboelsesrum og køkkener samt i fælles opholdsrum	$L_{Aeq,T}$	20	25	30	35

Tabel 9.2. Støj fra tekniske installationer. Grænseværdier angivet som højeste værdier for A-vægtet, ækvivalent lydtrykniveau. [DS490]

9.4.2 Krav til efterklangstider

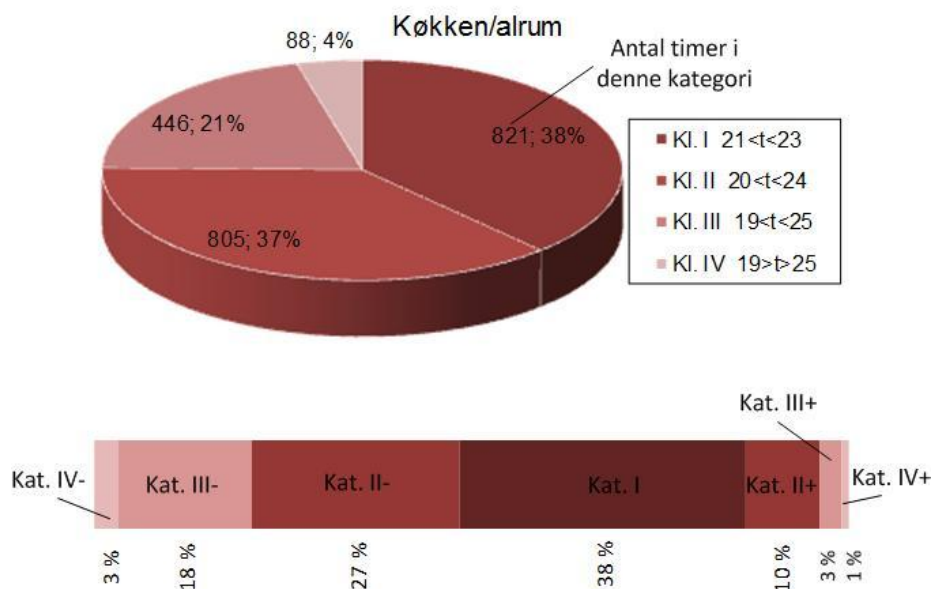
Kravene til efterklangstider i DS 490 er angivet i Tabel 9.3. Ved vurdering af resultaterne benyttes kravene til "fælles opholdrum".

Rumtype	Klasse A T_{is}	Klasse B T_{is}	Klasse C T_{is}	Klasse D T_{is}
I trapperum og gange med adgang til mere end 2 boliger eller erhvervsenheder, ved 500 Hz, 1000 Hz og 2000 Hz	1,0	1,0	1,3	1,3
I gange i plejehjem og lignende, hvor gangarealet i nogen grad anvendes til ophold, ved 500 Hz, 1000 Hz og 2000 Hz	0,9	0,9	0,9	0,9
Fælles opholdsrum, ved 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz og 4000 Hz	0,6	0,6	0,6	Ingen krav
NOTE – I fælles opholdsrum er grænseværdien 0,9 s ved 125 Hz				

Tabel 9.3. Krav til efterklangstid. Grænseværdier angivet som højeste værdier i hvert oktavbånd. [DS490]

10. Bilag B – Termisk indeklima

Dette bilag indeholder diagrammer for temperaturfordelingen i huset opdelt på forskellige sæsoner i løbet af året. For overskuelighedens skyld er enkelte signaturer i graferne udeladt. Opbygningen af grafer og diagrammer fremgår af eksemplet i Figur 10.1.



Figur 10.1: Signaturforklaring til diagrammer

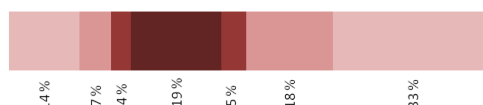
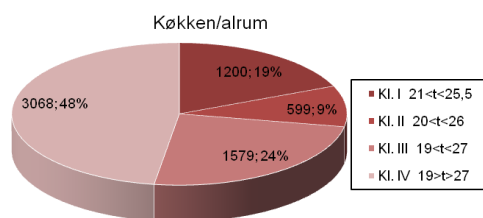
Det øverste diagram angiver fordelingen af henholdsvis timer og % på kategori I, II og III. Kategori IV angiver tid udenfor de øvrige kategorier. Når det i projektet angives, at kategori II skal overholdes omfatter tid i kategori II både andelen af timer i andelen kaldet kategori II og kategori I.

Det nederste diagram angiver hvorvidt rummet ligger i den lave eller høje ende af skalaen. Kat II- angiver fx hvor stor en del af tiden, at temperaturen ligger mellem 20°C og 21°C – dvs forskellen fra den nederste grænse i kategori I til den nederste grænse i kategori II. På tilsvarende måde angiver kategori II+ tiden, der ligger mellem 23°C og 24°C.

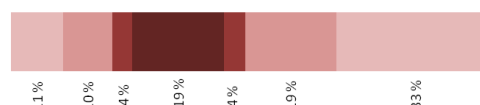
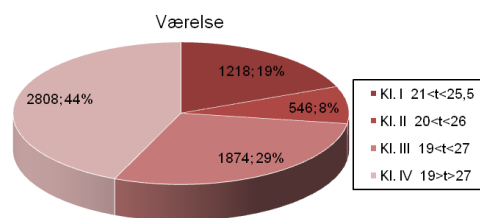
10.1 Generel situation hele året

Ved vurdering af temperaturer på årsniveau er komfortskalaen for både sommer og vintersituation slået sammen således, at kategori II i denne vurdering omfatter alle temperaturer mellem 20°C og 26°C.

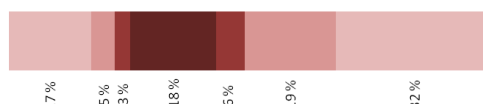
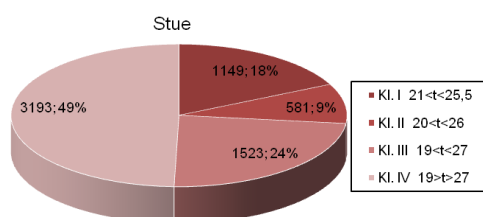
2009



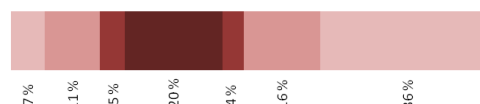
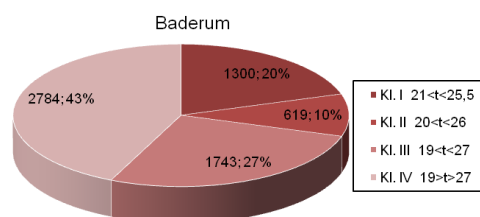
Figur 10.2: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2009.



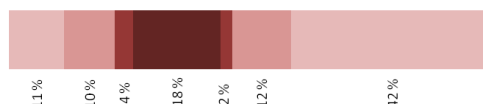
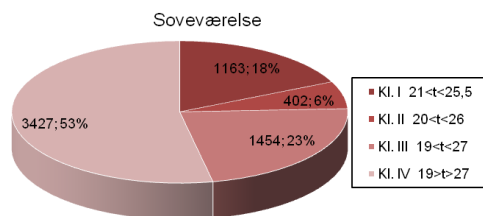
Figur 10.3: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2009.



Figur 10.4: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.

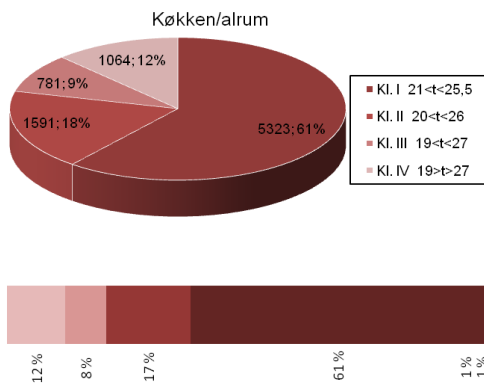


Figur 10.5: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2009.

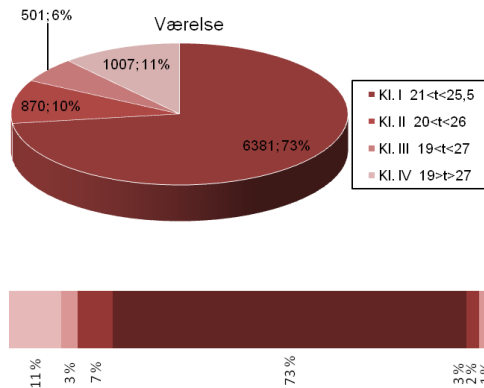


Figur 10.6: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2009.

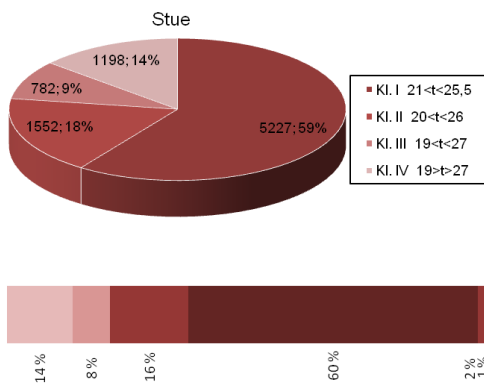
2010



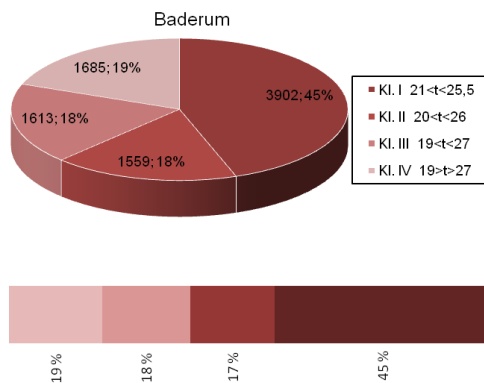
Figur 10.7: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2010.



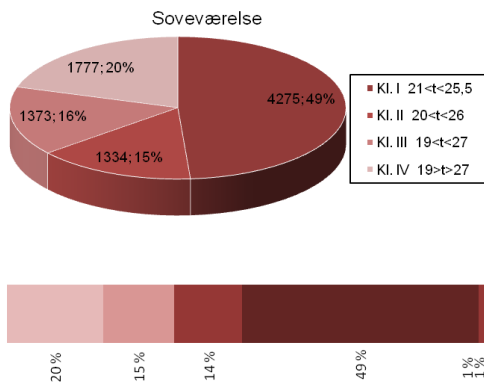
Figur 10.8: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2010.



Figur 10.9: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.

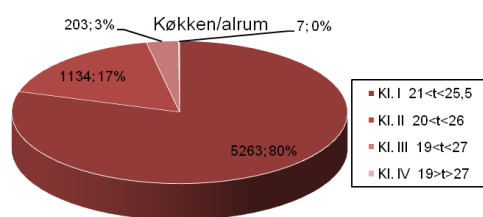


Figur 10.10: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2010.

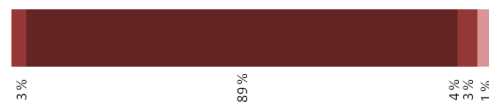
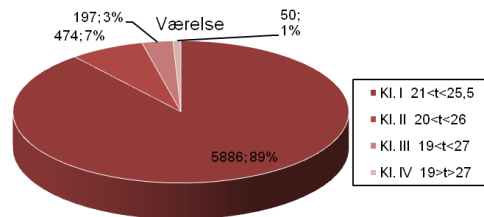


Figur 10.11: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2010.

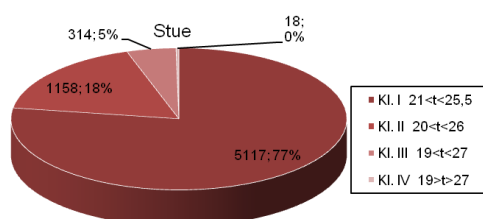
2011



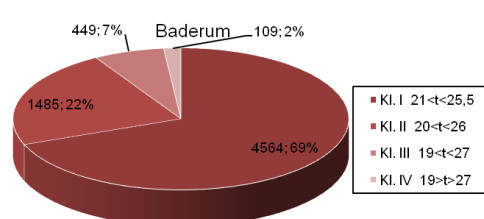
Figur 10.12: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2011.



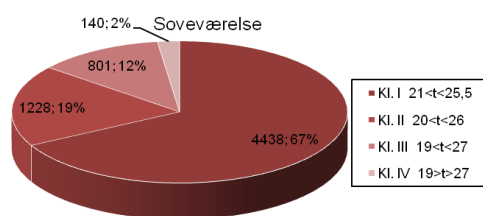
Figur 10.13: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2011.



Figur 10.14: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.



Figur 10.15: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2011.

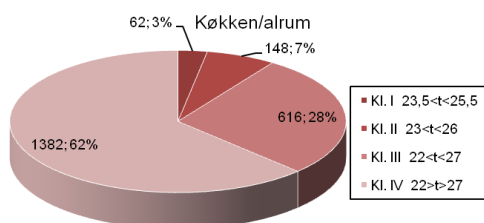


Figur 10.16: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2011.

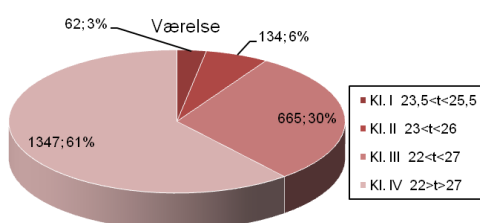
10.2 Sommersituation

Sommersituationen er defineret som juni, juli og august måned. Sommerbeklædning er altid benyttet ved vurderingen af det termiske indeklima for denne årstid.

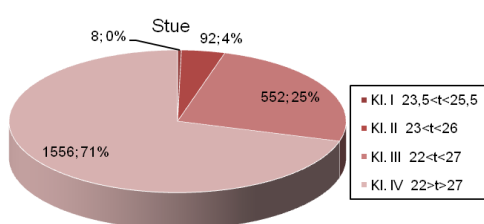
2009



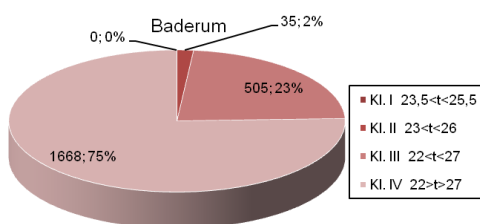
Figur 10.17: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2009.



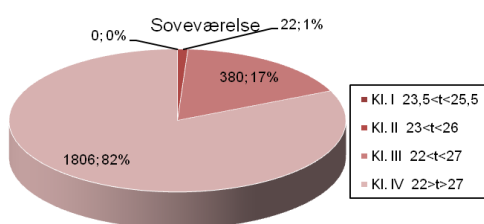
Figur 10.18: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2009.



Figur 10.19: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2009.

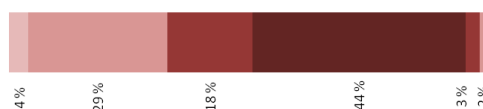
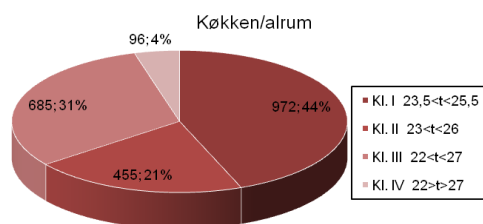


Figur 10.20: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2009.

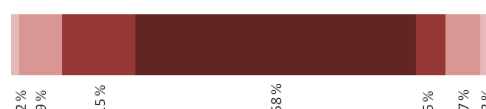
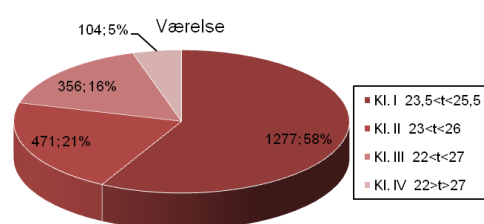


Figur 10.21: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2009.

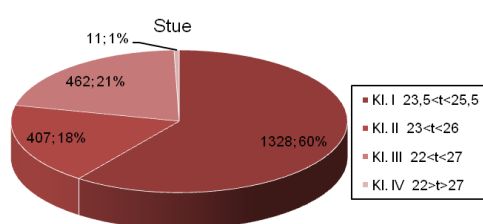
2010



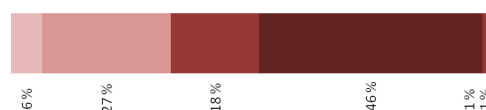
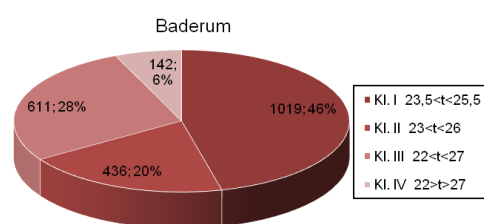
Figur 10.22: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2010.



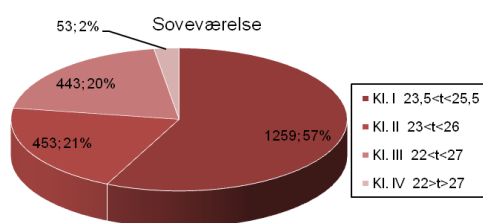
Figur 10.23: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2010.



Figur 10.24: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2010.

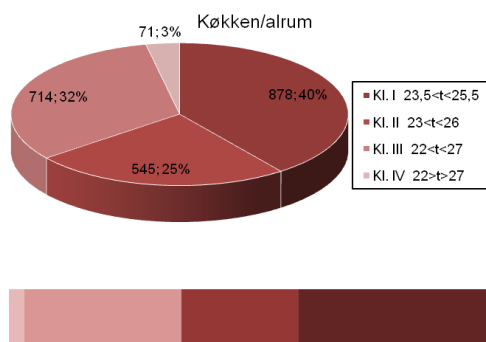


Figur 10.25: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2010.

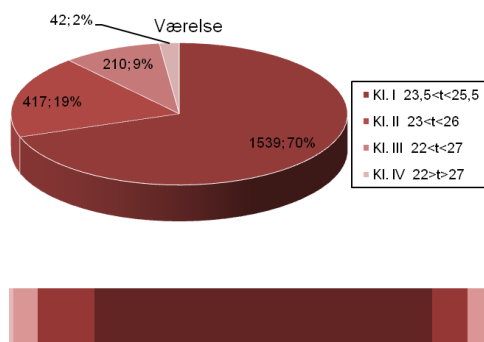


Figur 10.26: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2010.

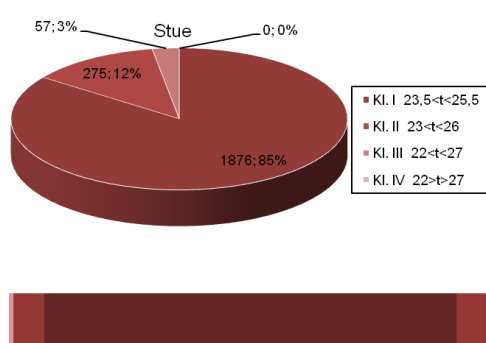
2011



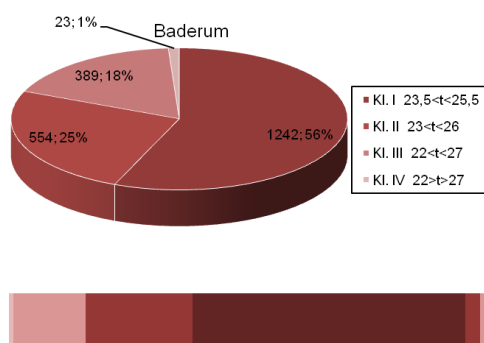
Figur 10.27: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2011.



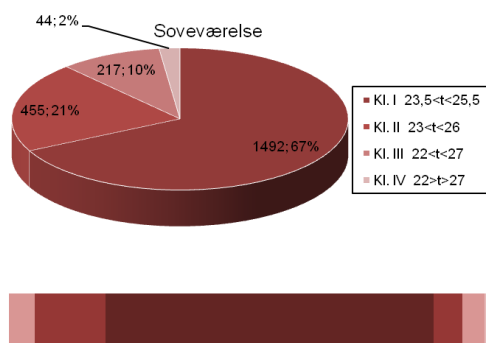
Figur 10.28: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2011.



Figur 10.29: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2011.



Figur 10.30: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2011.



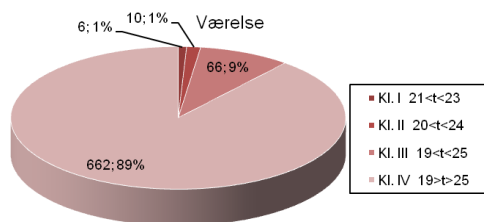
Figur 10.31: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2011.

10.3 Vintersituation

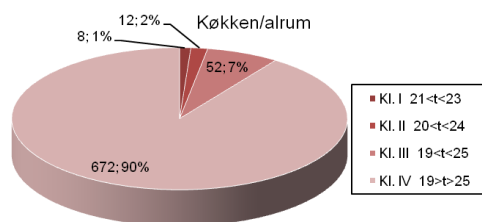
Vintersituationen er defineret som værende januar, februar og december. Til vurdering af den termiske komfort er vinterbeklædning altid benyttet til denne årstid.

2009

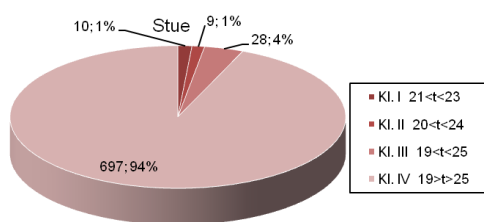
Da vintersituationen er defineret til at være januar, februar og december og der ikke er målinger fra januar og februar vil undersøgelsen af vinterscenariet for 2009 kun indeholde data fra december.



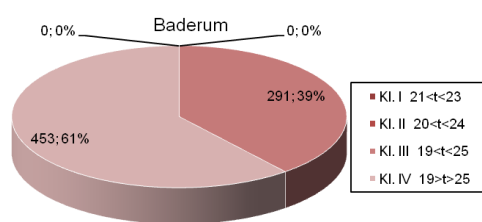
Figur 10.32: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2009.



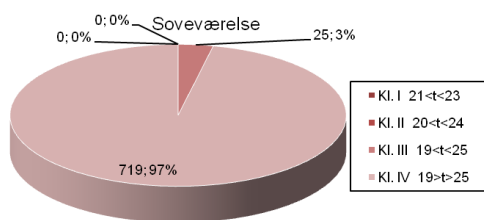
Figur 10.33: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2009.



Figur 10.34: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2009.



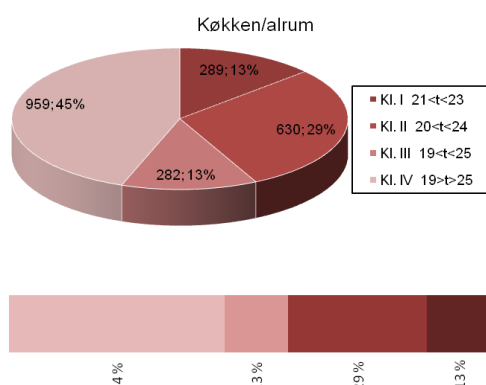
Figur 10.35: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2009.



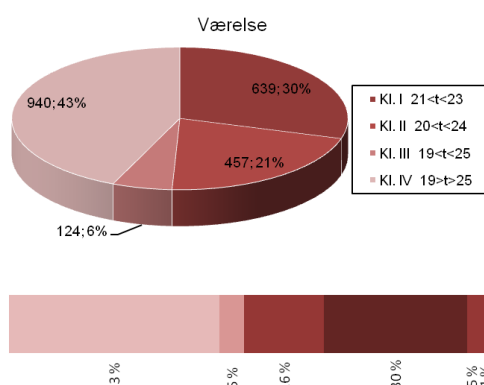
Figur 10.36: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2009.

2010

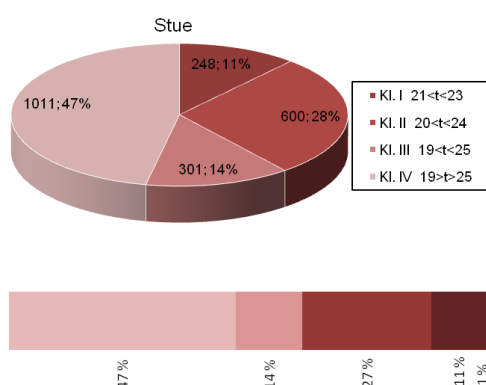
I 2010 har huset været beboet i alle vintermåneder. Resultatet af undersøgelsen kan ses på Figur 10.37 til Figur 10.41.



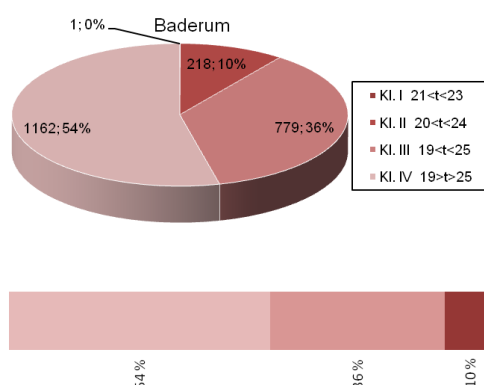
Figur 10.37: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2010.



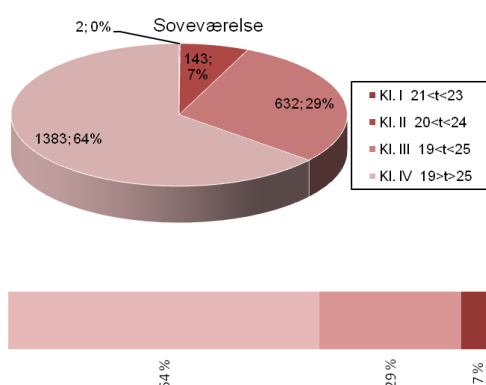
Figur 10.38: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2010.



Figur 10.39: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2010.

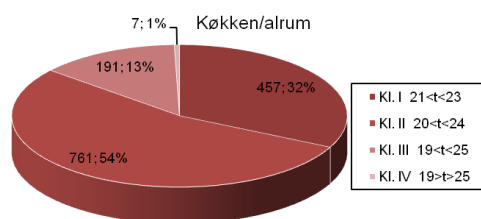


Figur 10.40: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2010.

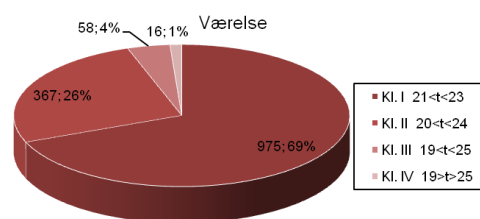


Figur 10.41: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2010.

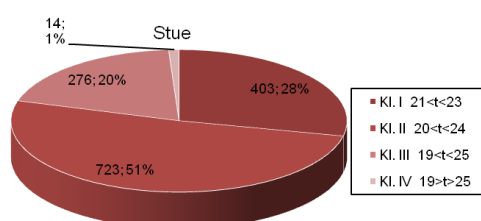
2011



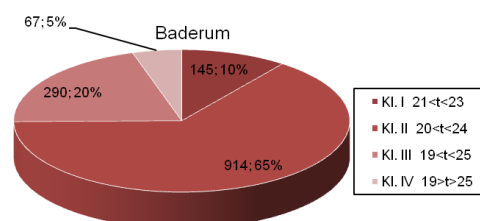
Figur 10.42: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2011.



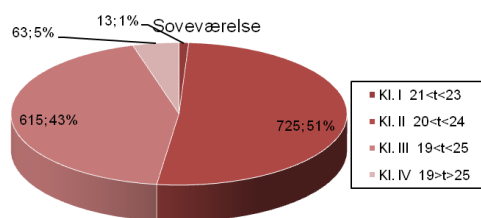
Figur 10.43: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2011.



Figur 10.44: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2011.



Figur 10.45: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2011.

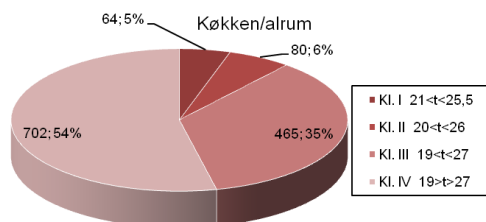


Figur 10.46: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2011.

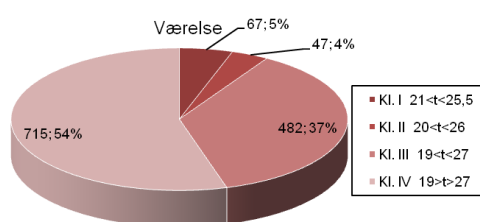
10.4 Forårssituation

Forår er defineret som marts, april og maj. For denne årstid er både sommer- og vinterbeklædning medtaget i undersøgelsen, hvilket gør, at komfortintervallet for denne undersøgelse udvides.

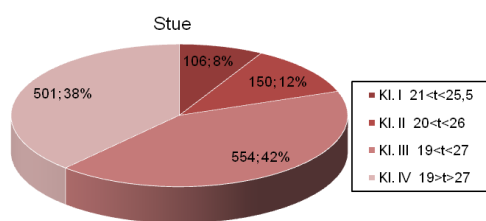
2009



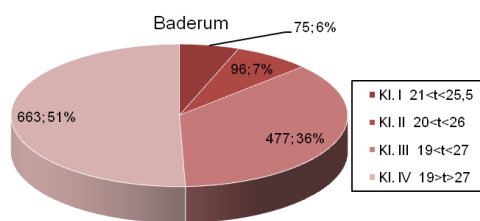
Figur 10.47: Tidfördelning i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2009.



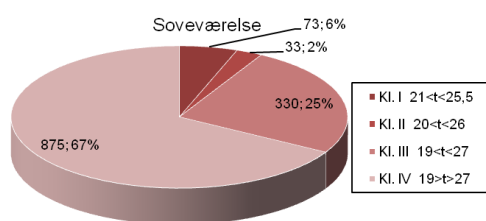
Figur 10.48: Tidfördelning i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2009.



Figur 10.49: Tidfördelning i komfortklasser for forårssituation i stue i 2009.

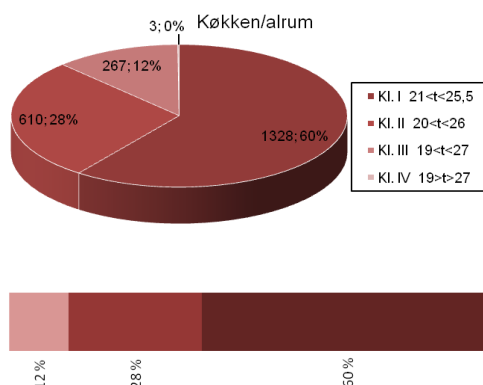


Figur 10.50: Tidfördelning i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2009.

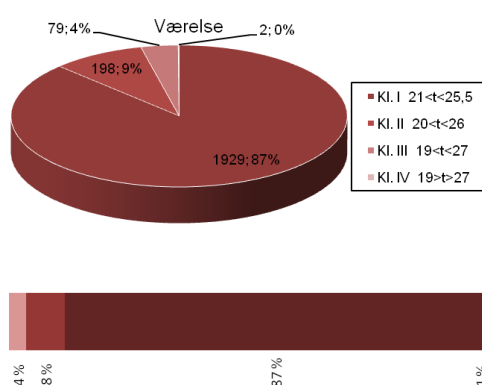


Figur 10.51: Tidfördelning i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2009.

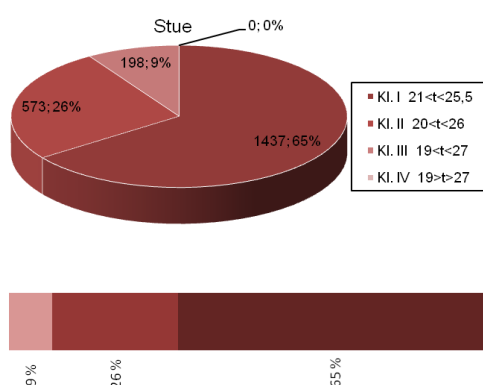
2010



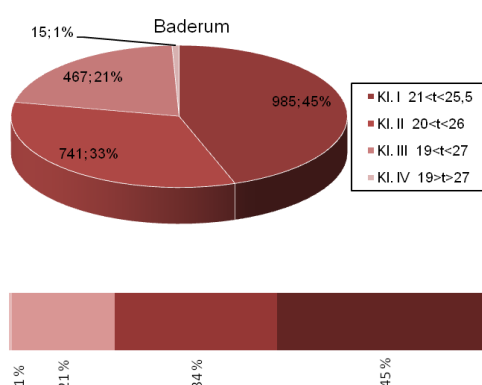
Figur 10.52: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2010.



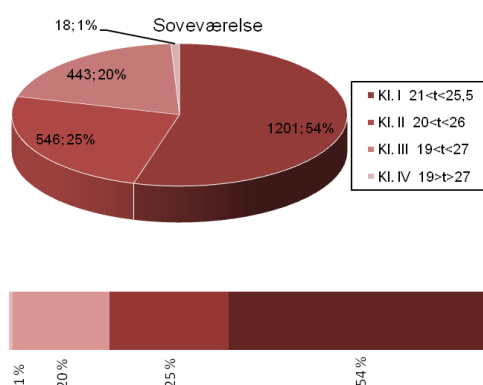
Figur 10.53: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2010.



Figur 10.54: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2010.

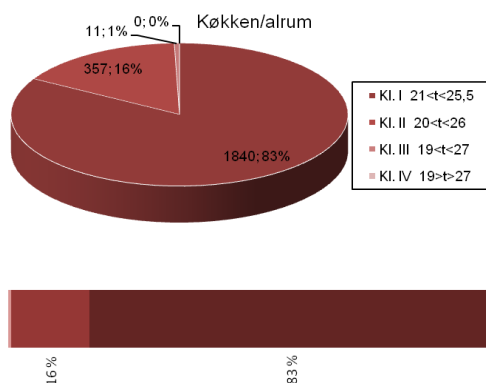


Figur 10.55: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2010.

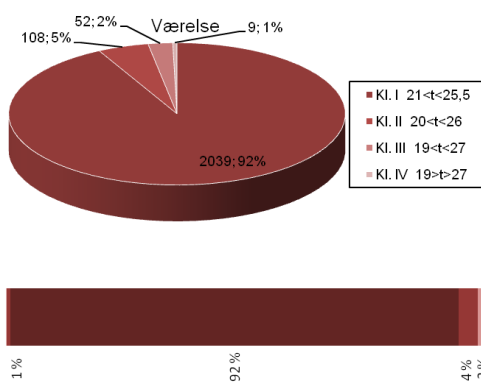


Figur 10.56: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2010.

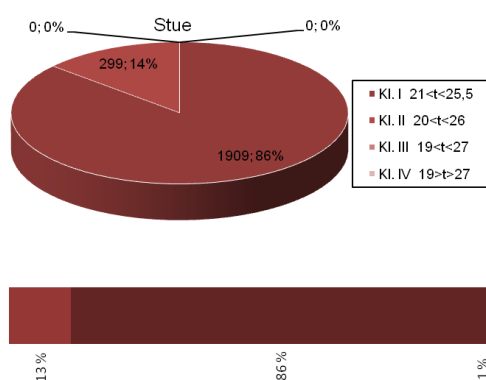
2011



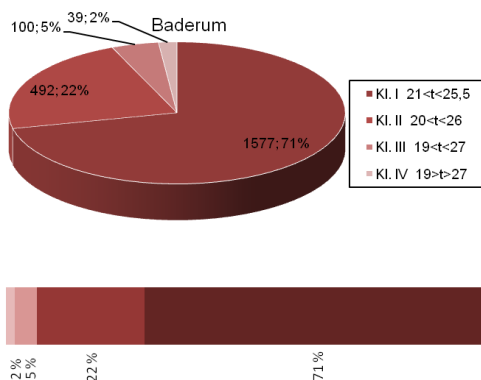
Figur 10.57: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2011.



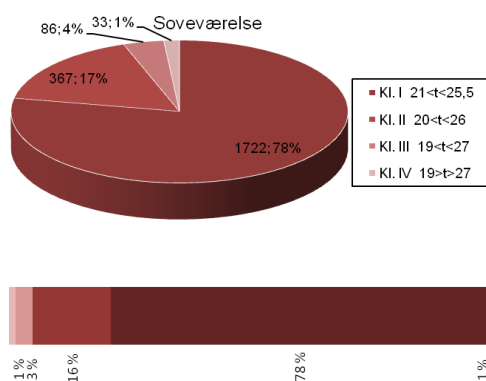
Figur 10.58: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2011.



Figur 10.59: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2011.



Figur 10.60: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2011.

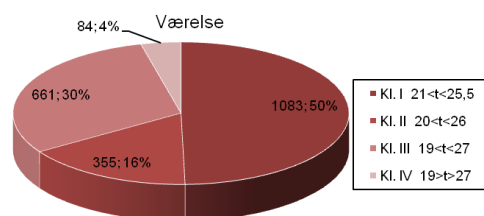
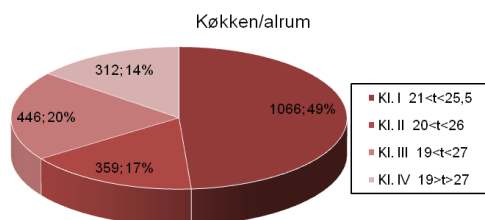


Figur 10.61: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2011.

10.5 Efterårssituation

Denne periode er defineret som september, oktober og november. For denne årstid er både sommer- og vinterbeklædning medtaget i undersøgelsen, hvilket gør, at komfortintervallet for denne undersøgelse udvides.

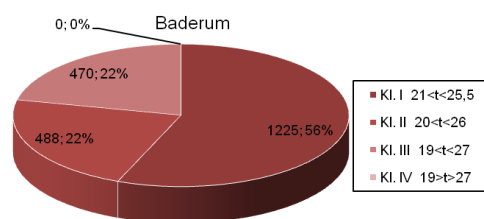
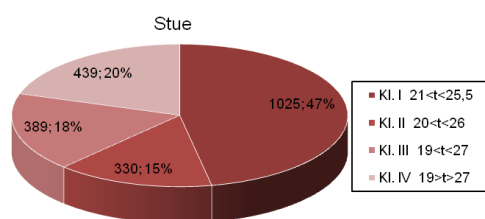
2009



Figur 10.62: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2009.



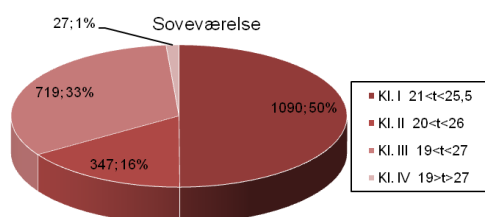
Figur 10.63: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2009.



Figur 10.64: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2009.

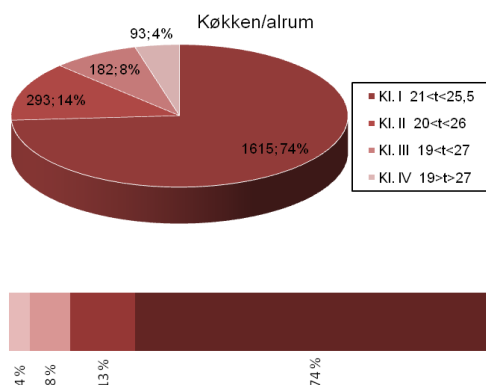


Figur 10.65: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2009.

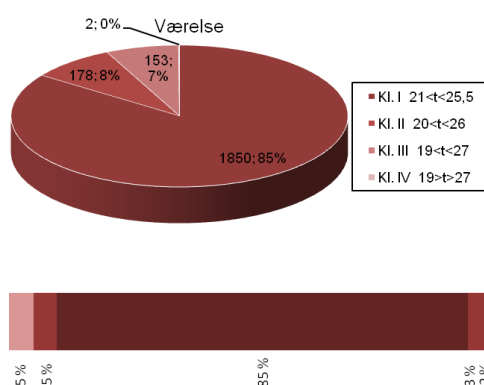


Figur 10.66: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2009.

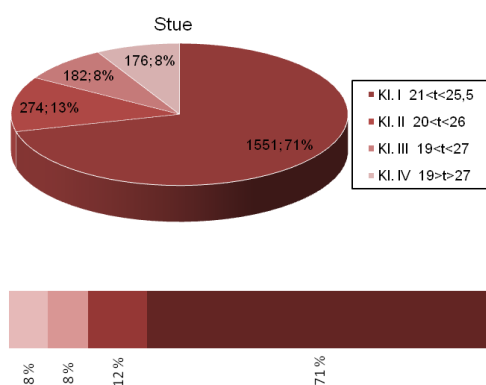
2010



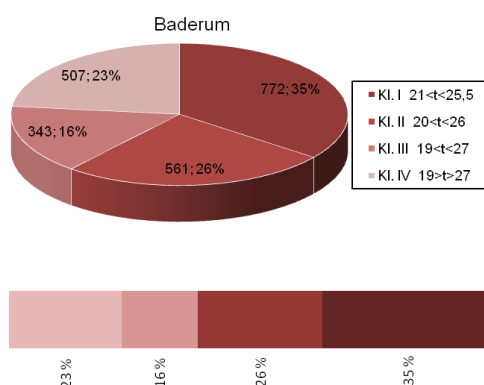
Figur 10.67: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2010.



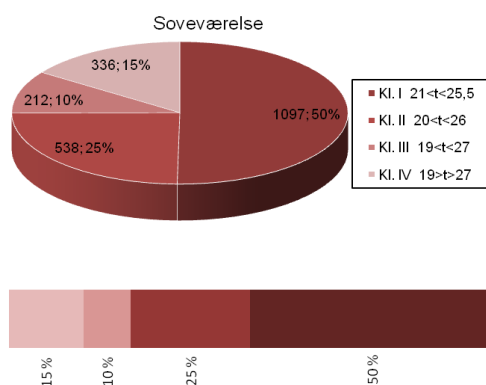
Figur 10.68: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2010.



Figur 10.69: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2010.

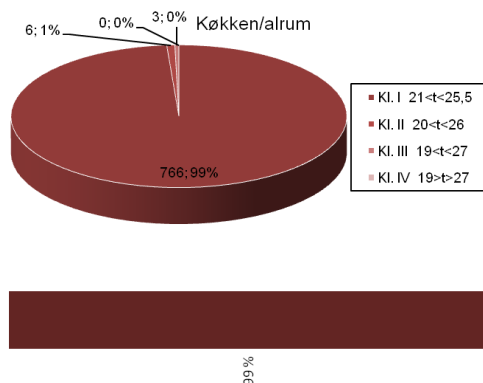


Figur 10.70: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2010.

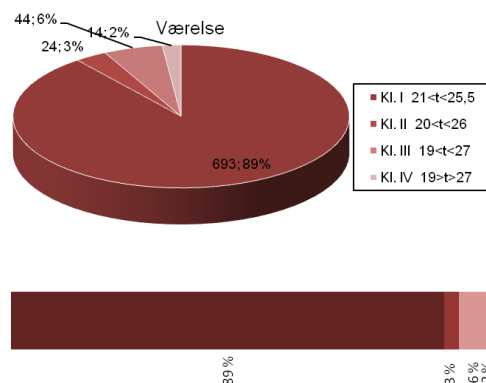


Figur 10.71: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2010.

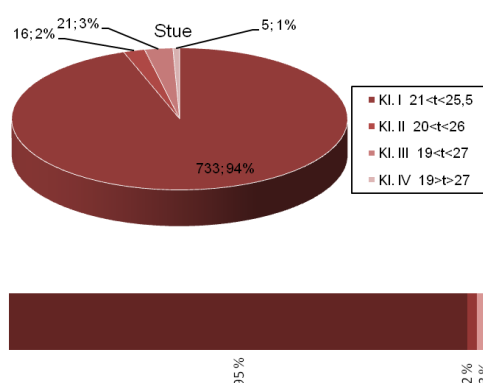
2011



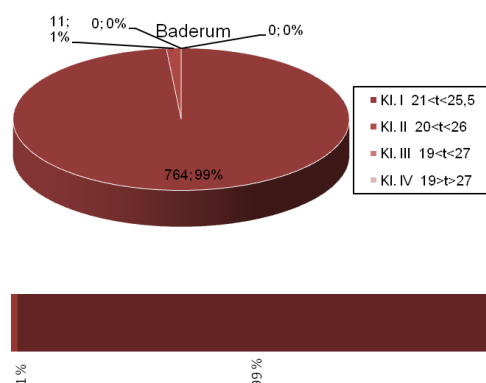
Figur 10.72: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2011.



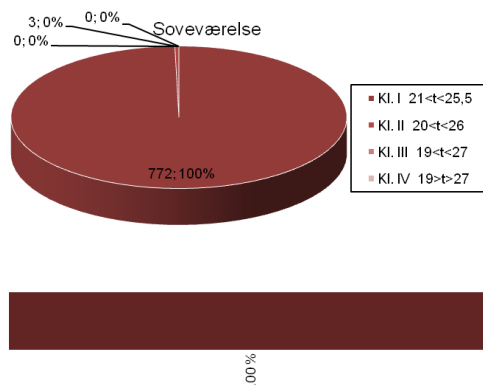
Figur 10.73: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2011.



Figur 10.74: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2011.



Figur 10.75: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2011.



Figur 10.76: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2011.

11. Bilag C – Atmosfærisk indeklima (luftkvalitet)

Dette bilag indeholder diagrammer for CO₂-niveauet i huset opdelt på forskellige sæsoner i løbet af året. Vurderingen er lavet på baggrund af både CR1752 og DS/EN 15251, som beskrevet i afsnit 2.2.1.

Sæsonerne er defineret som:

Forår: marts, april, maj

Sommer: juni, juli, august

Efterår: september, oktober, november

Vinter: Januar, februar, december (samme år!)

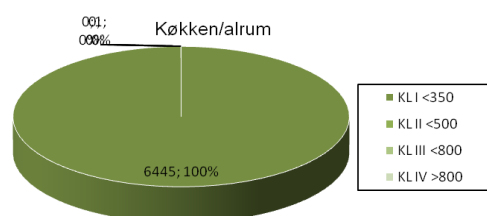
Vinteren 2009 er kun baseret på december, da huset stod tomt januar og februar.

11.1 Cirkeldiagrammer DS/EN 15251

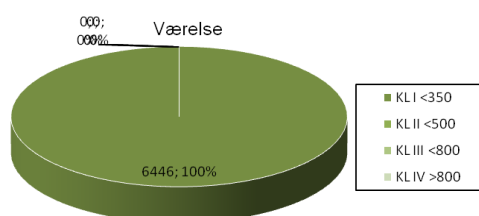
Cirkeldiagrammerne angiver hhv timer og % i hver kategori.

11.1.1 Generel situation hele året

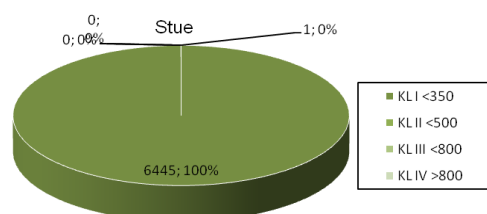
2009



Figur 11.1: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2009.

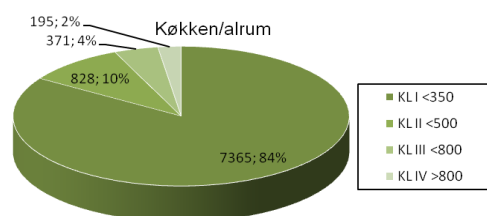


Figur 11.2: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2009.

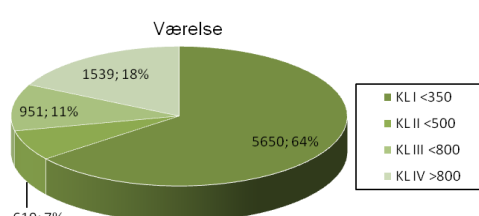


Figur 11.3: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.

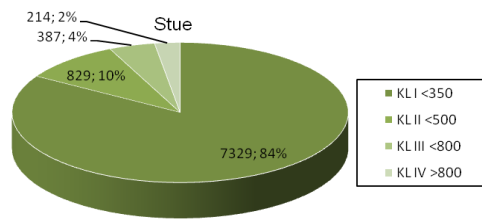
2010



Figur 11.4: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2010.

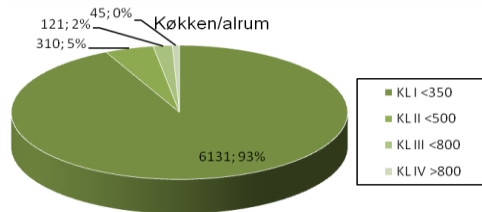


Figur 11.5: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2010.

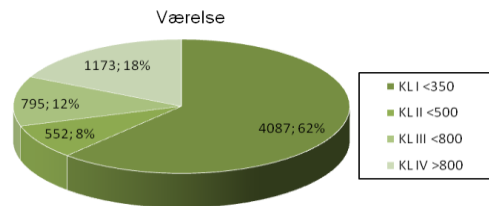


Figur 11.6: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.

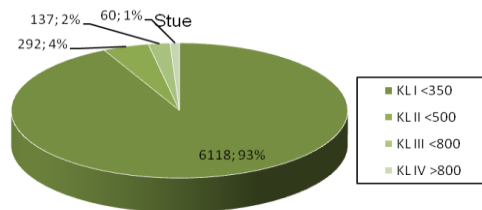
2011



Figur 11.7: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2011.



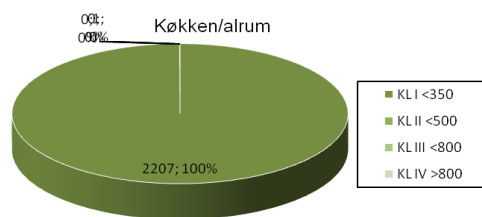
Figur 11.8: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2011.



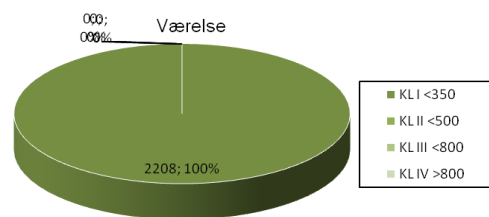
Figur 11.9: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.

11.1.2 Sommersituation

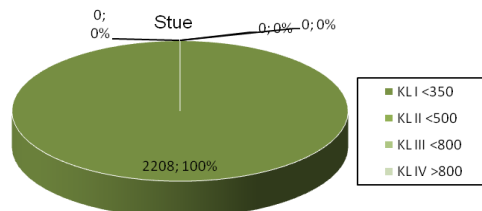
2009



Figur 11.10: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2009.

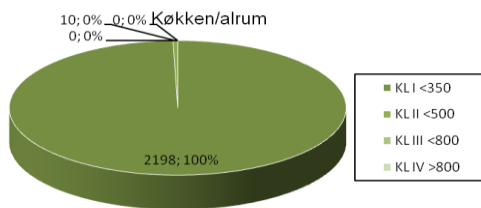


Figur 11.11: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2009.

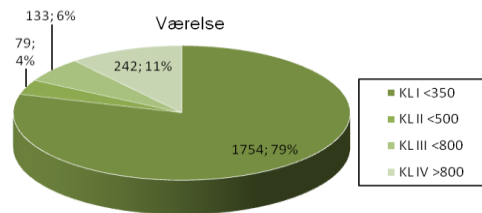


Figur 11.12: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.

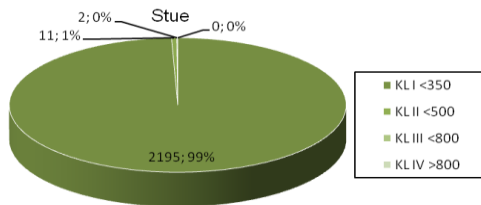
2010



Figur 11.13: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2010.

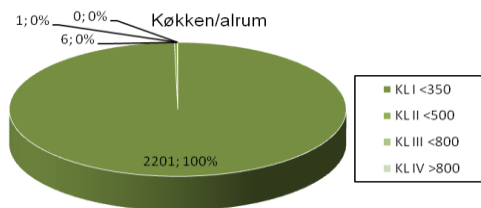


Figur 11.14: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2010.

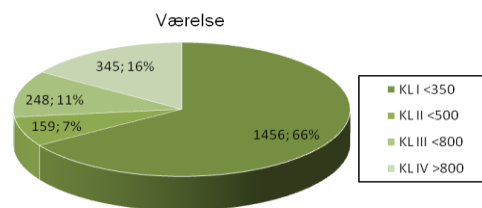


Figur 11.15: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.

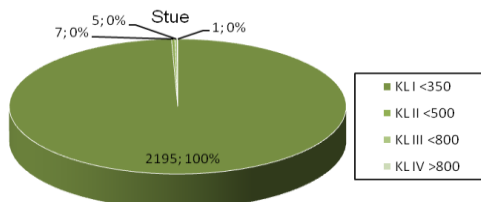
2011



Figur 11.16: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2011.



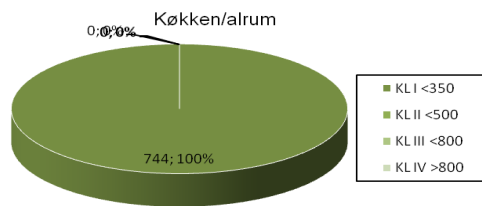
Figur 11.17: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2011.



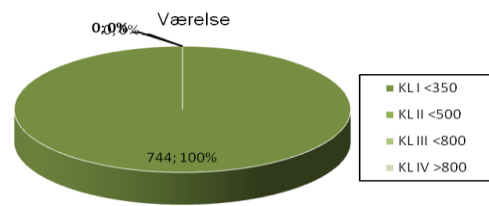
Figur 11.18: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.

11.1.3 Vintersituation

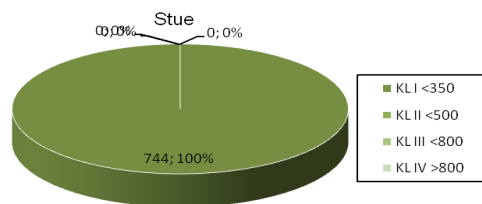
2009



Figur 11.19: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2009.

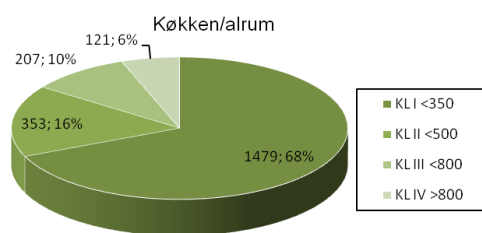


Figur 11.20: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2009.

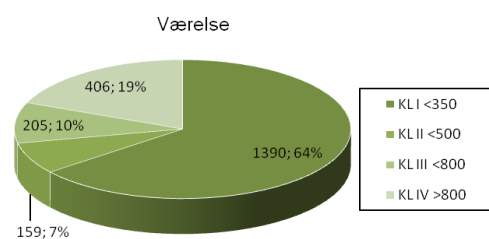


Figur 11.21: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.

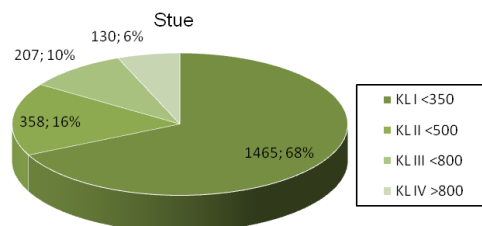
2010



Figur 11.22: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2010.

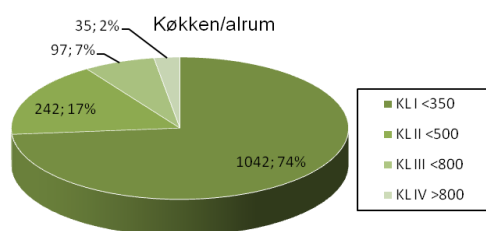


Figur 11.23: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2010.

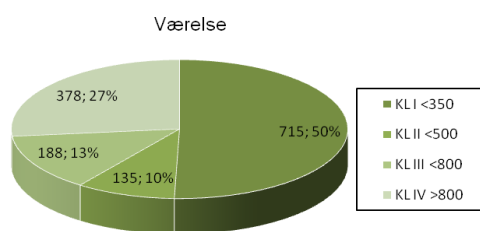


Figur 11.24: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.

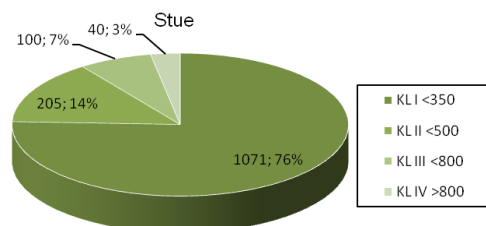
2011



Figur 11.25: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2011.



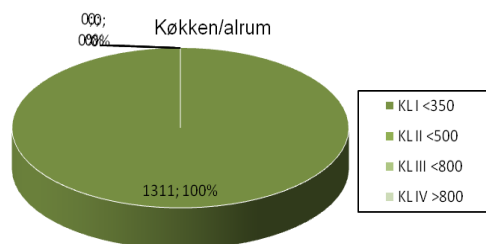
Figur 11.26: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2011.



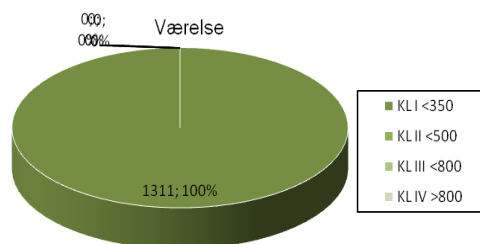
Figur 11.27: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.

11.1.4 Forårssituation

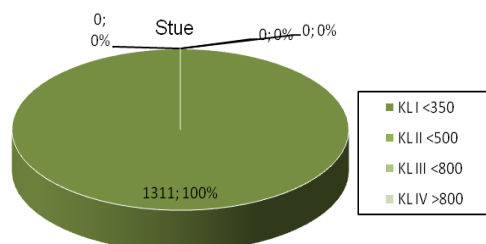
2009



Figur 11.28: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2009.

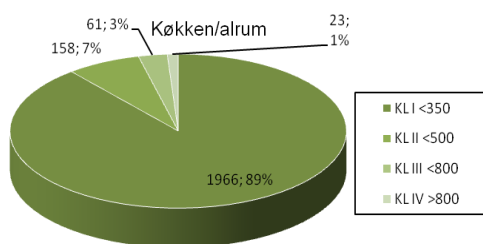


Figur 11.29: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2009.

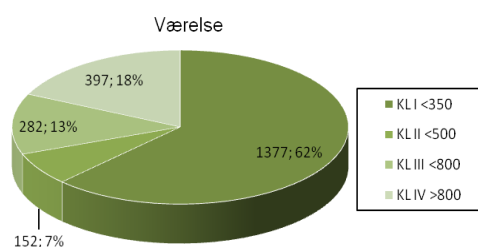


Figur 11.30: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.

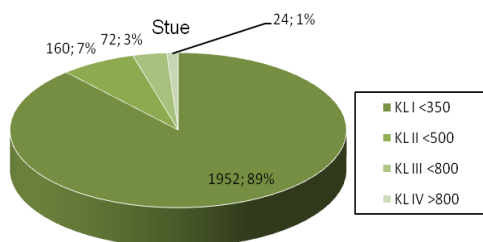
2010



Figur 11.31: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2010.

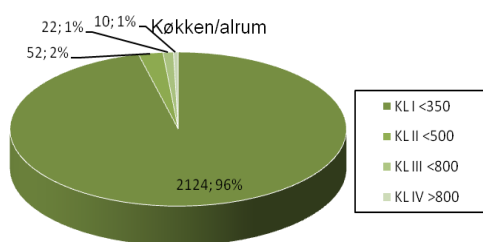


Figur 11.32: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2010.

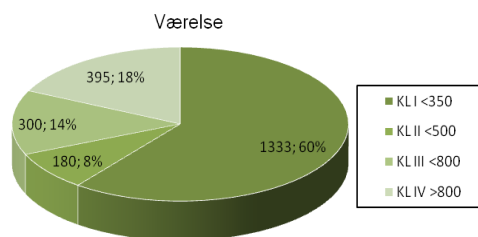


Figur 11.33: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.

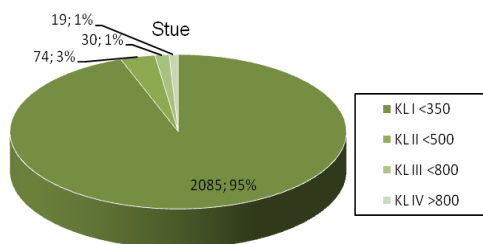
2011



Figur 11.34: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2011.



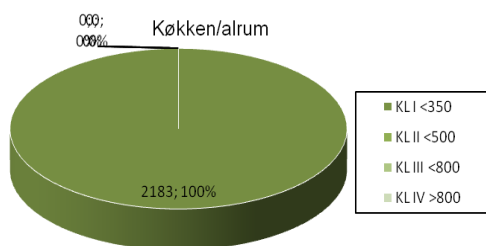
Figur 11.35: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2011.



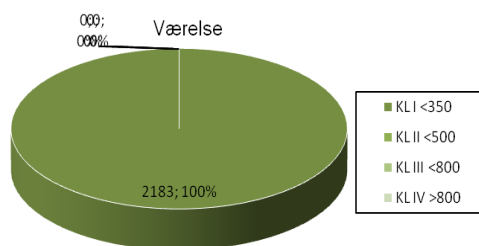
Figur 11.36: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.

11.1.5 Efterårssituation

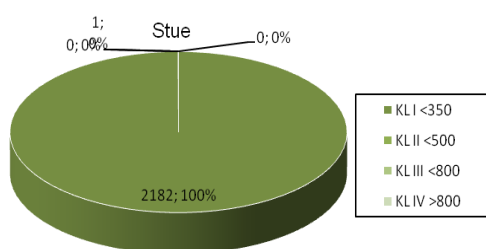
2009



Figur 11.37: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2009.

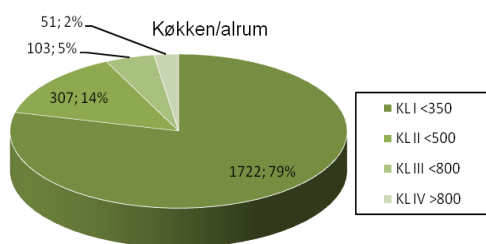


Figur 11.38: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2009.

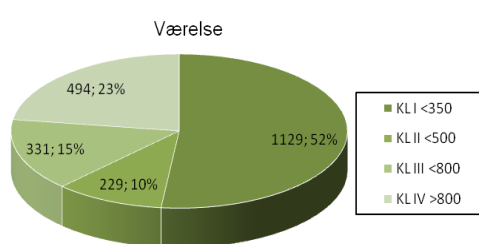


Figur 11.39: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.

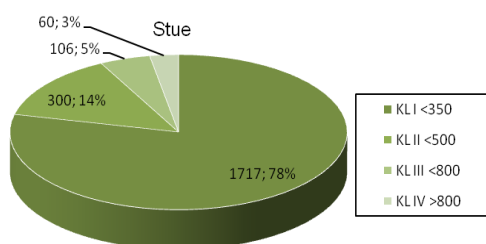
2010



Figur 11.40: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2010.

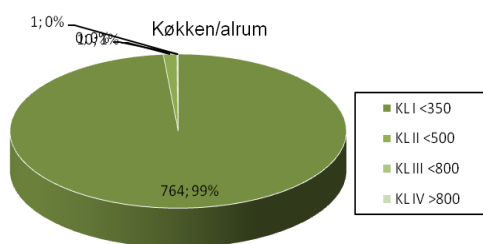


Figur 11.41: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2010.

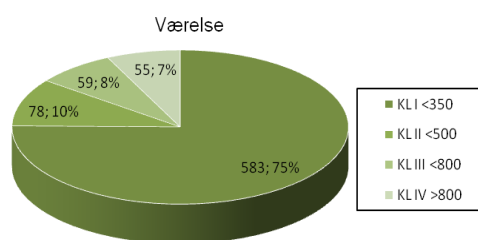


Figur 11.42: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.

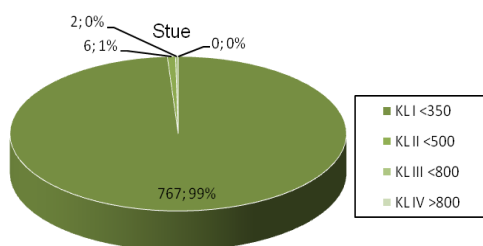
2011



Figur 11.43: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 11.44: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2011.



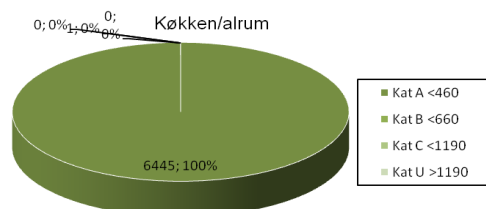
Figur 11.45: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.

11.2 Cirkeldiagrammer CR1752

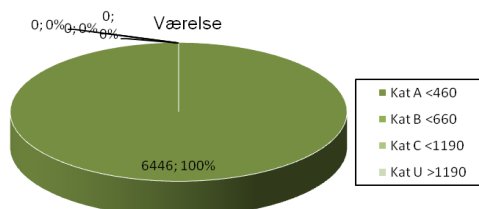
Cirkeldiagrammerne angiver hhv timer og % i hver kategori.

11.2.1 Generel situation hele året

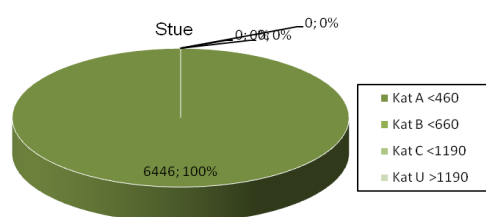
2009



Figur 11.46: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2009.

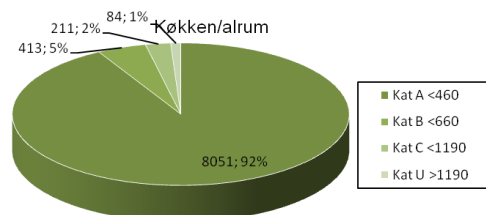


Figur 11.47: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2009.

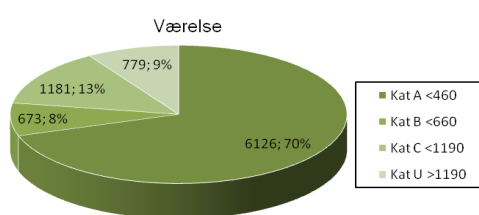


Figur 11.48: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.

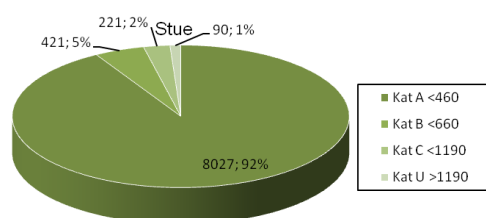
2010



Figur 11.49: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2010.

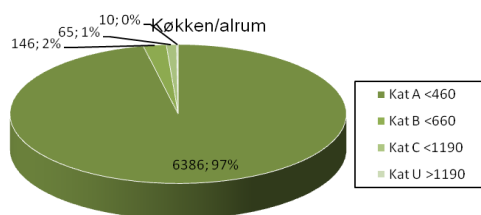


Figur 11.50: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2010.

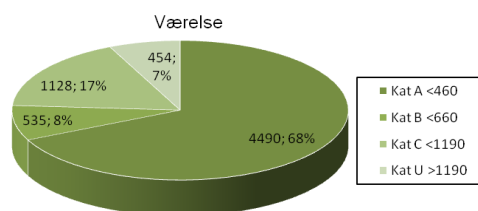


Figur 11.51: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.

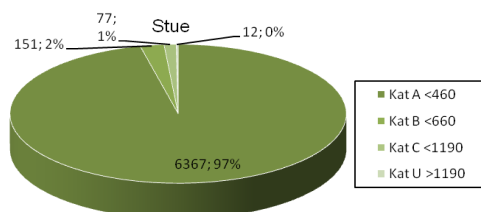
2011



Figur 11.52: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2011.



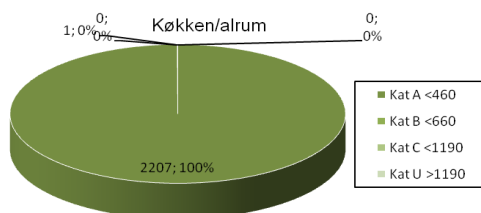
Figur 11.53: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2011.



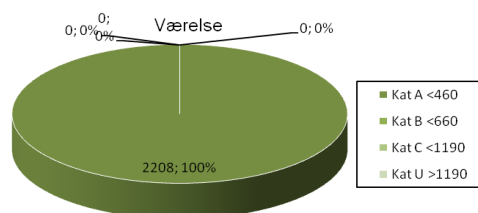
Figur 11.54: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.

11.2.2 Sommersituation

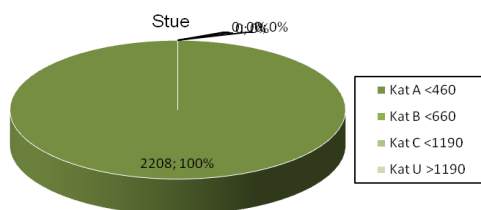
2009



Figur 11.55: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2009.

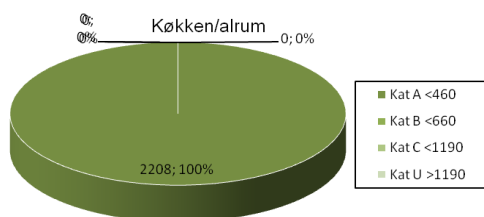


Figur 11.56: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2009.

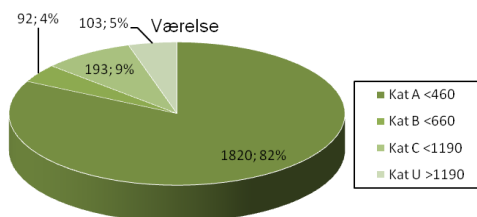


Figur 11.57: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.

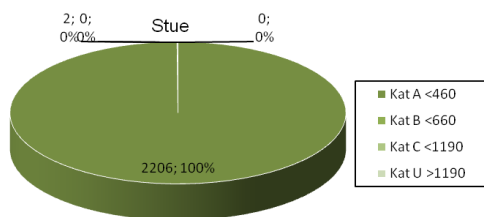
2010



Figur 11.58: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2010.

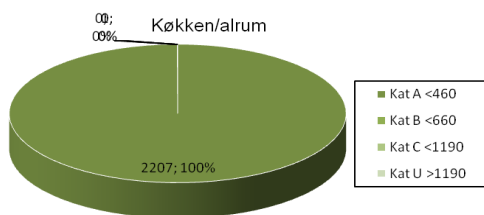


Figur 11.59: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2010.

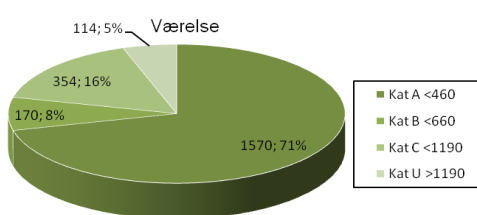


Figur 11.60: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.

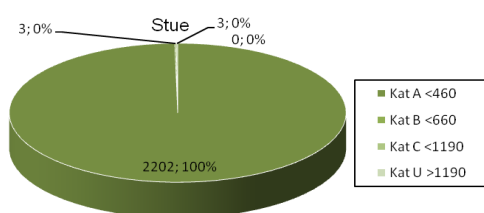
2011



Figur 11.61: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2011.



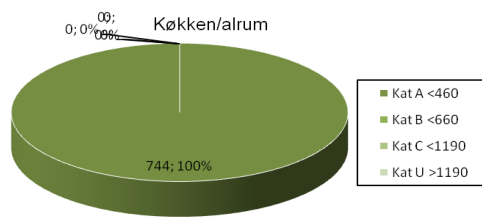
Figur 11.62: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2011.



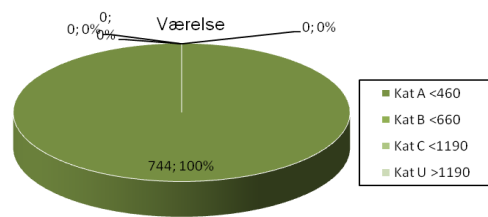
Figur 11.63: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.

11.2.3 Vintersituation

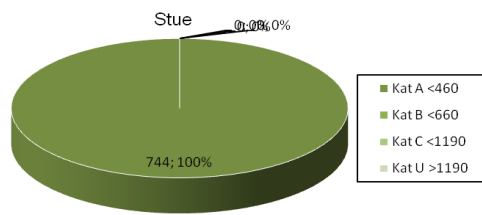
2009



Figur 11.64: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2009.

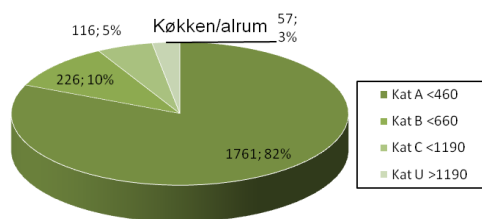


Figur 11.65: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2009.

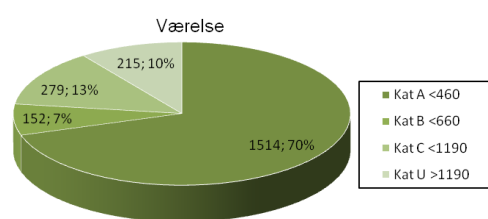


Figur 11.66: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.

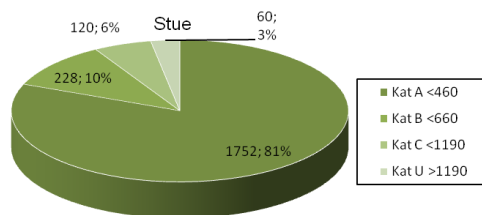
2010



Figur 11.67: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2010.

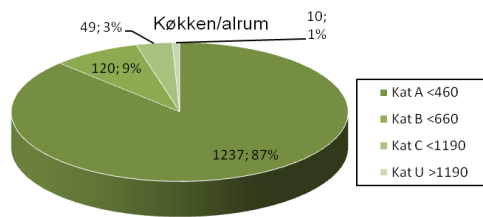


Figur 11.68: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2010.

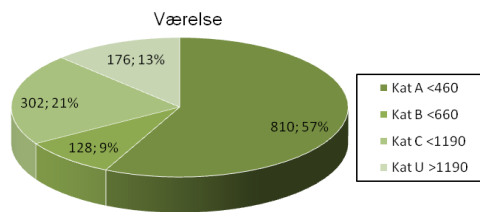


Figur 11.69: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.

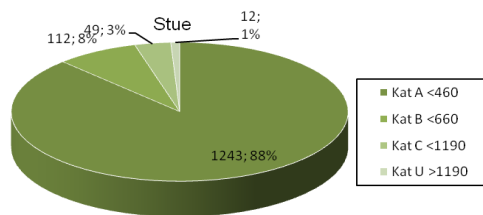
2011



Figur 11.70: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2011.



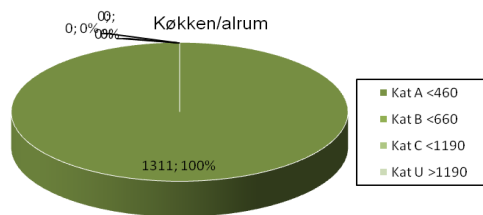
Figur 11.71: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2011.



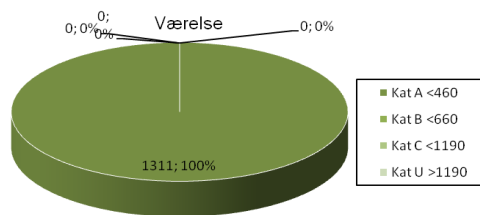
Figur 11.72: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.

11.2.4 Forårssituation

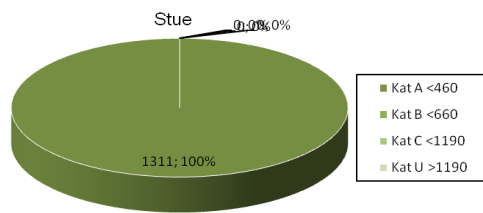
2009



Figur 11.73: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2009.

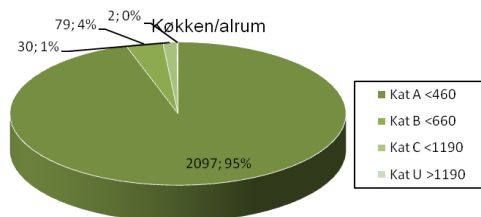


Figur 11.74: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2009.

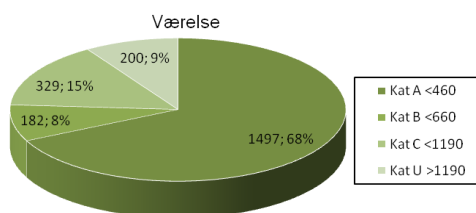


Figur 11.75: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.

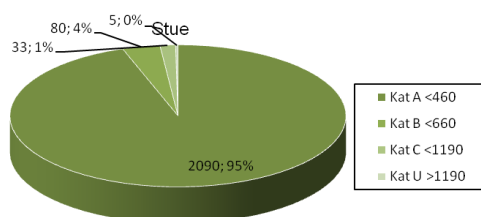
2010



Figur 11.76: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2010.

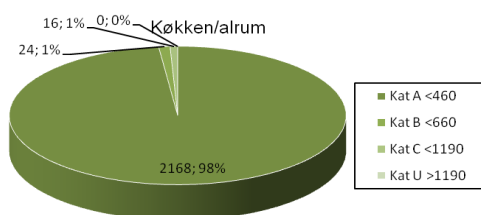


Figur 11.77: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2010.

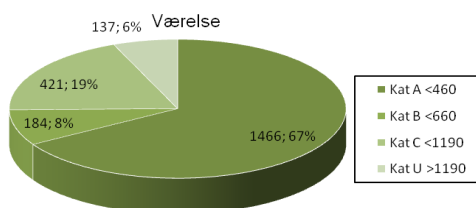


Figur 11.78: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.

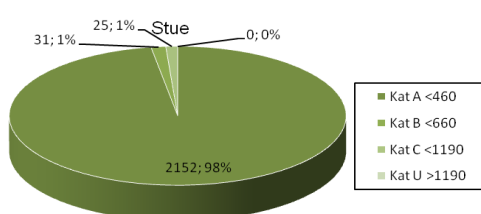
2011



Figur 11.79: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2011.



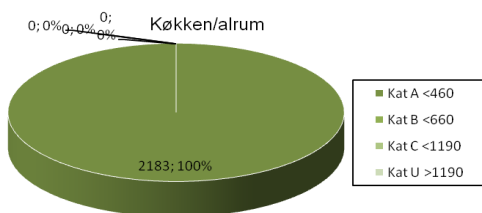
Figur 11.80: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2011.



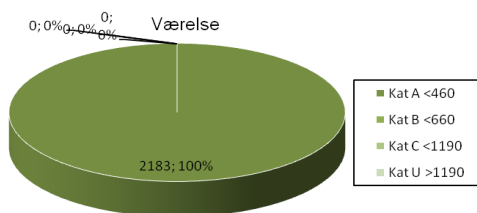
Figur 11.81: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.

11.2.5 Efterårssituation

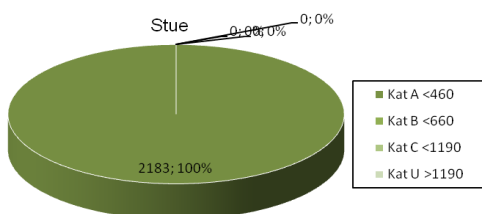
2009



Figur 11.82: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2009.

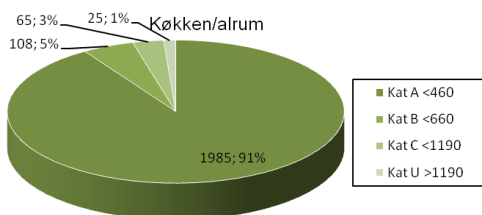


Figur 11.83: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2009.

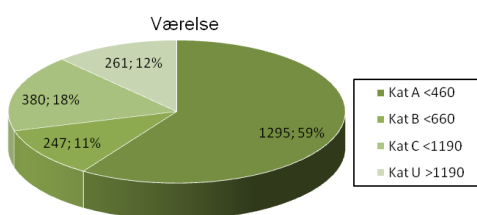


Figur 11.84: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.

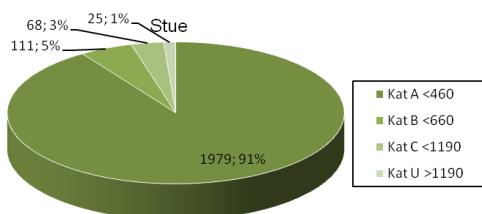
2010



Figur 11.85: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2010.

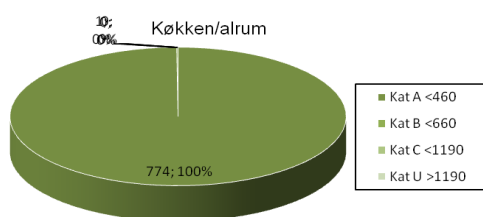


Figur 11.86: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2010.

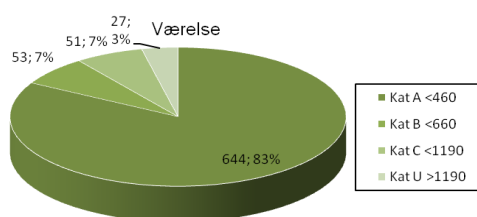


Figur 11.87: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.

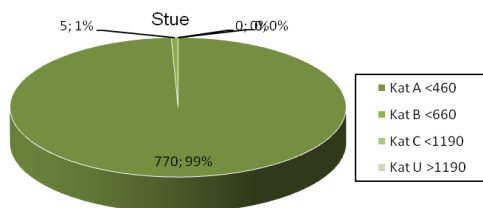
2011



Figur 11.88: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 11.89: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2011.



Figur 11.90: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.

12. Bilag D – Atmosfærisk indeklima (fugt)

Dette bilag indeholder diagrammer for den relative luftfugtighed i huset opdelt på forskellige sæsoner i løbet af året. Vurderingen er lavet på baggrund af både CR1752 og DS/EN 15251, som beskrevet i afsnit 2.2.2.

Sæsonerne er defineret som:

Forår: marts, april, maj

Sommer: juni, juli, august

Efterår: september, oktober, november

Vinter: Januar, februar, december (samme år!)

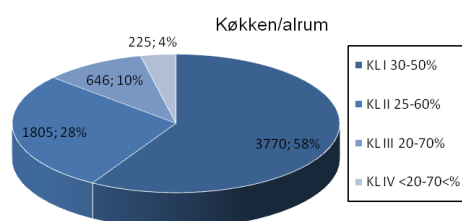
Vinteren 2009 er kun baseret på december, da huset stod tomt januar og februar.

12.1 Cirkeldiagrammer DS/EN 15251

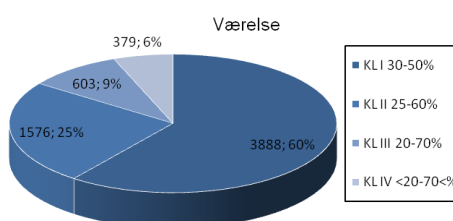
Cirkeldiagrammerne angiver hhv timer og % i hver kategori.

12.1.1 Generel situation hele året

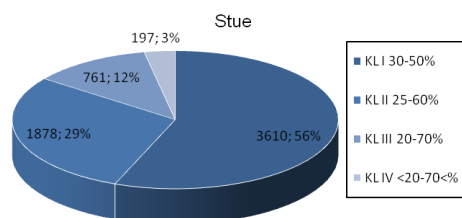
2009



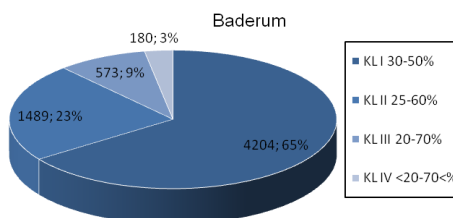
Figur 12.1: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2009.



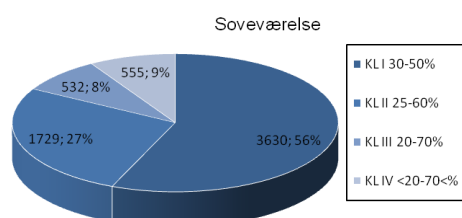
Figur 12.2: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2009.



Figur 12.3: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.

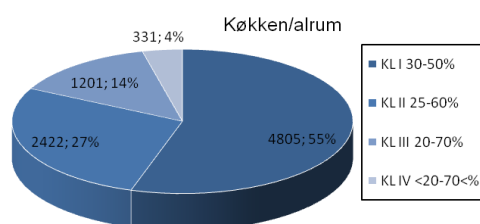


Figur 12.4: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2009.

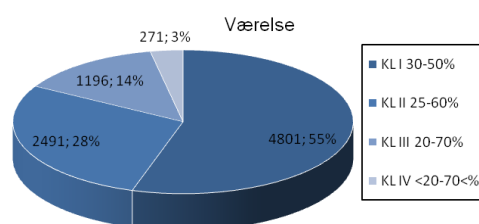


Figur 12.5: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2009.

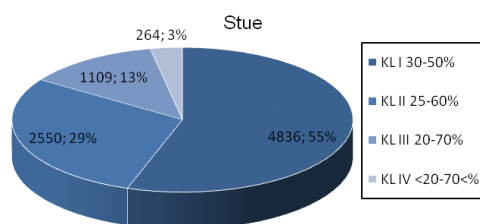
2010



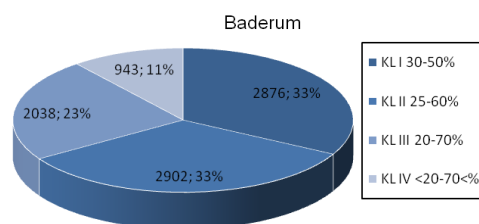
Figur 12.6: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2010.



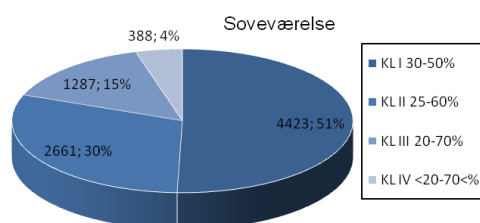
Figur 12.7: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2010.



Figur 12.8: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.

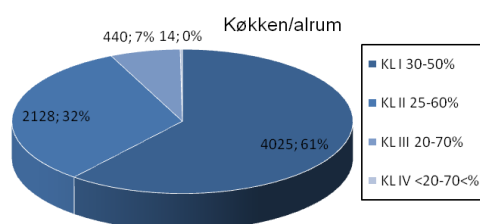


Figur 12.9: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2010.

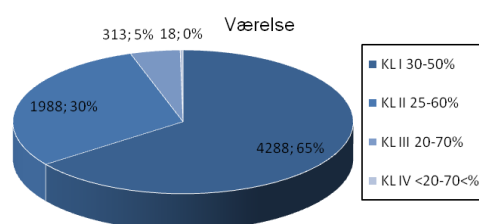


Figur 12.10: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2010.

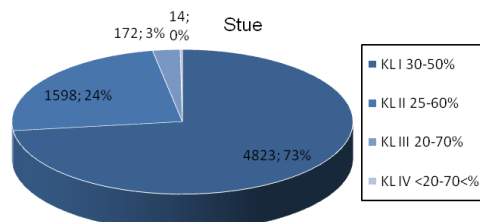
2011



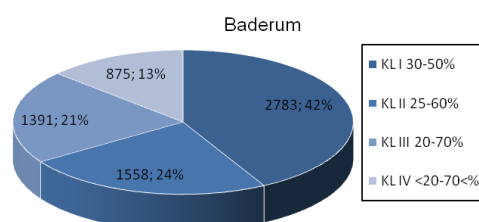
Figur 12.11: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2011.



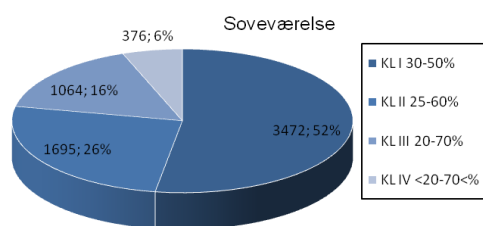
Figur 12.12: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2011.



Figur 12.13: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.



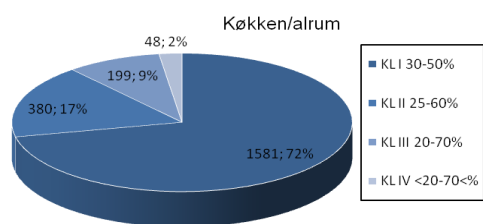
Figur 12.14: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2011.



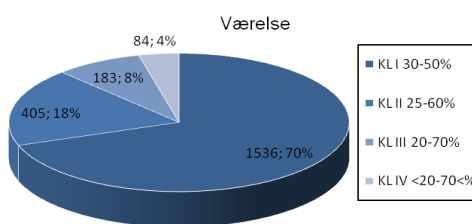
Figur 12.15: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2011.

12.1.2 Sommersituation

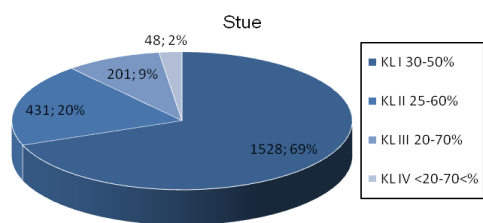
2009



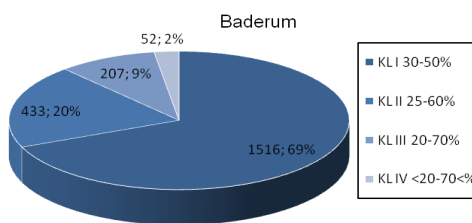
Figur 12.16: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2009.



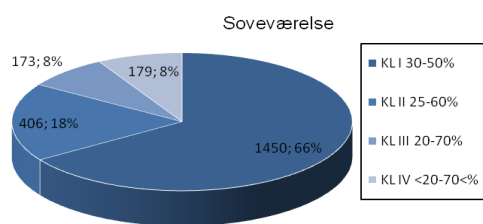
Figur 12.17: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2009.



Figur 12.18: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2009.

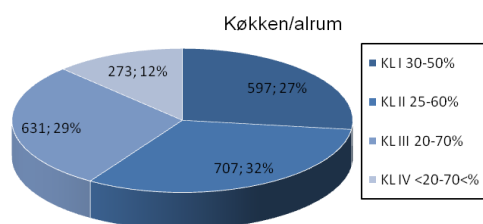


Figur 12.19: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2009.

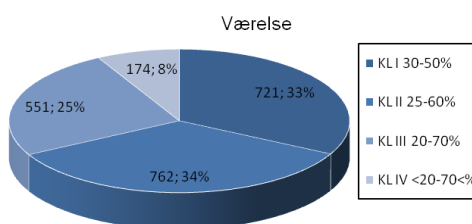


Figur 12.20: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2009.

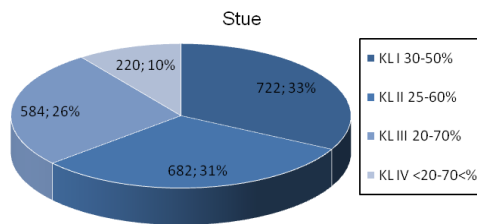
2010



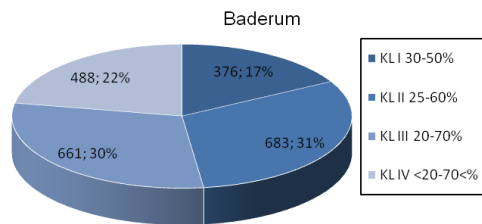
Figur 12.21: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2010.



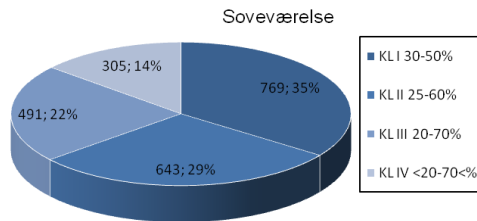
Figur 12.22: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2010.



Figur 12.23: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2010.

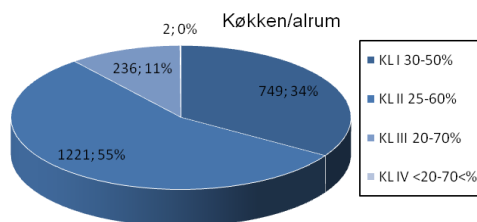


Figur 12.24: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2010.

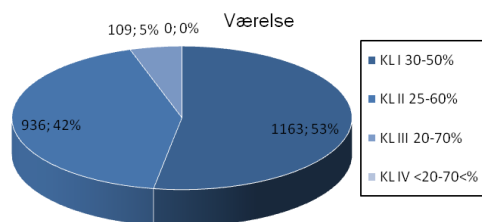


Figur 12.25: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2010.

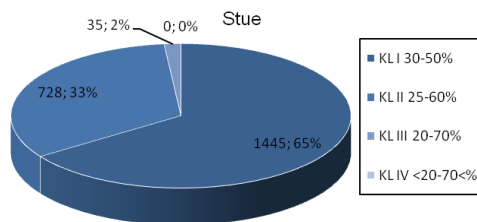
2011



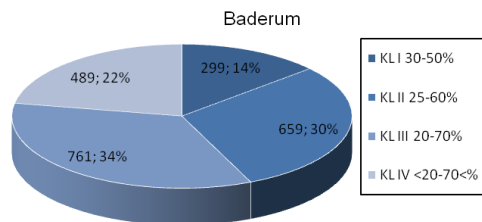
Figur 12.26: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2011.



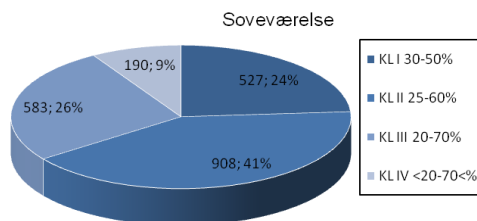
Figur 12.27: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2011.



Figur 12.28: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2011.



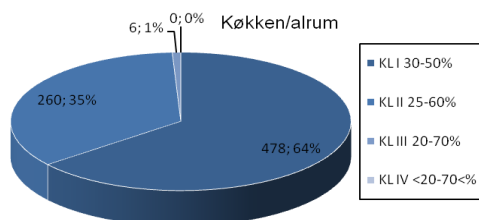
Figur 12.29: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2011.



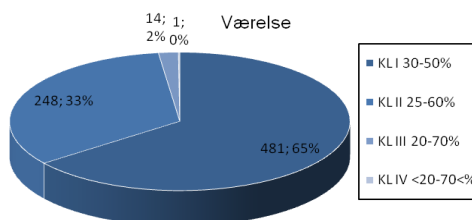
Figur 12.30: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2011.

12.1.3 Vintersituation

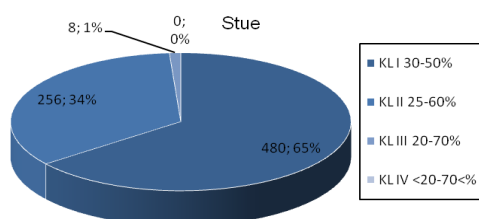
2009



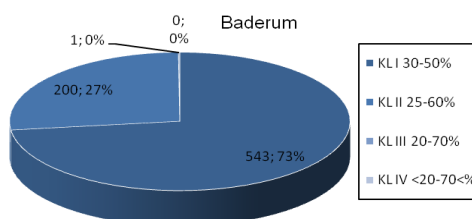
Figur 12.31: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2009.



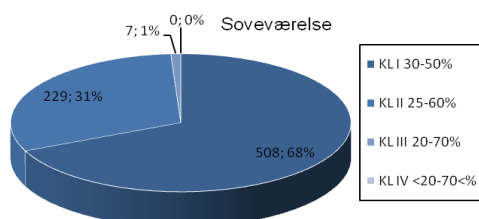
Figur 12.32: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2009.



Figur 12.33: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2009.

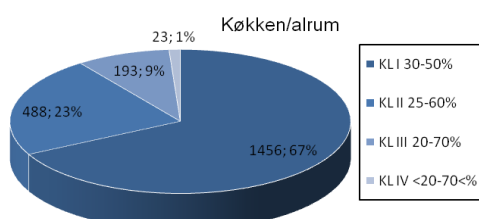


Figur 12.34: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2009.

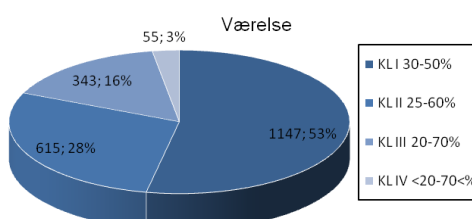


Figur 12.35: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2009.

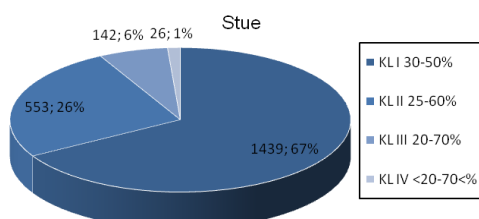
2010



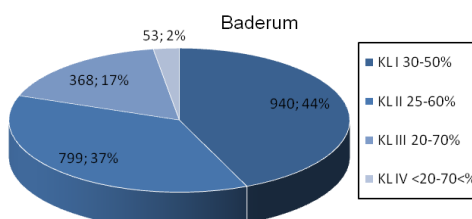
Figur 12.36: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2010.



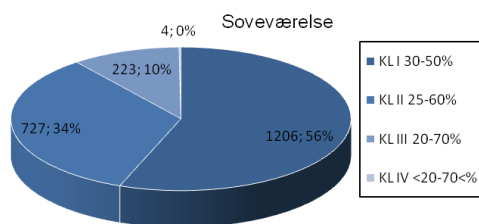
Figur 12.37: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2010.



Figur 12.38: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2010.

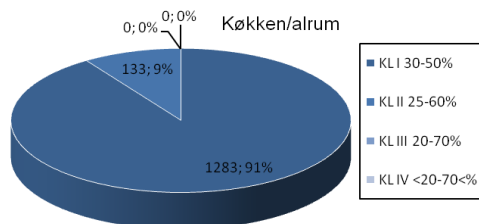


Figur 12.39: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2010.

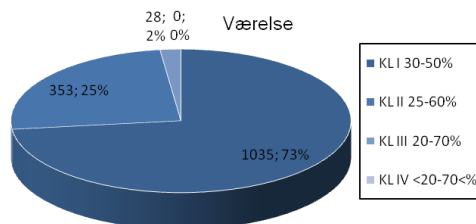


Figur 12.40: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2010.

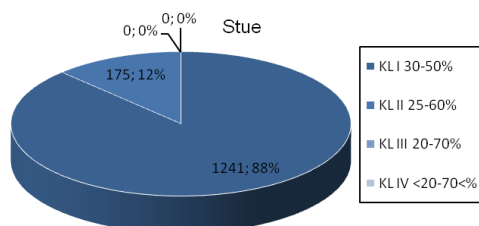
2011



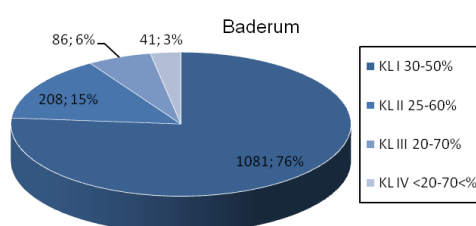
Figur 12.41: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2011.



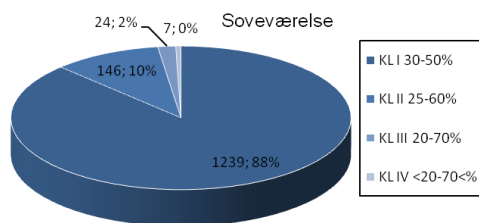
Figur 12.42: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2011.



Figur 12.43: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2011.



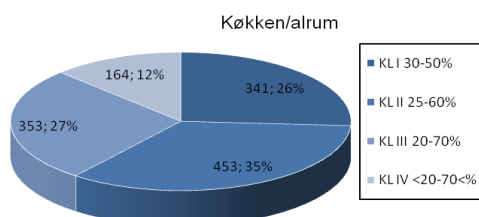
Figur 12.44: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2011.



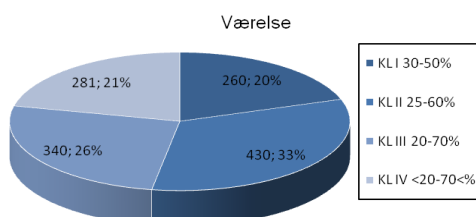
Figur 12.45: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2011.

12.1.4 Forårssituation

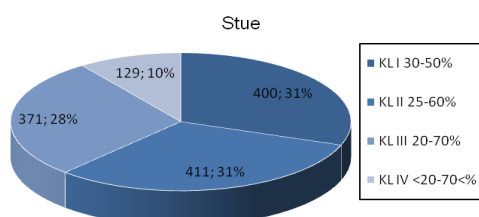
2009



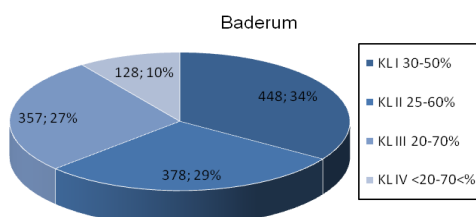
Figur 12.46: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2009.



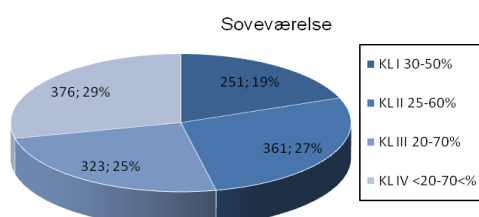
Figur 12.47: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2009.



Figur 12.48: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2009.

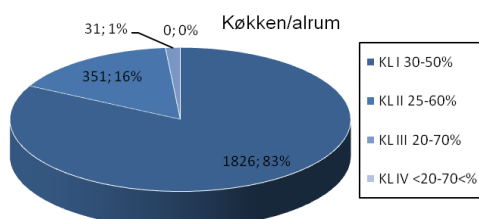


Figur 12.49: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2009.

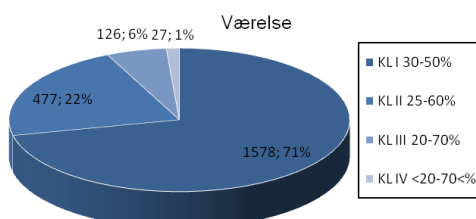


Figur 12.50: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2009.

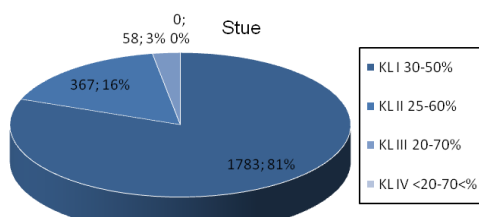
2010



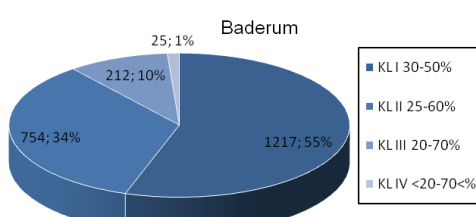
Figur 12.51: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2010.



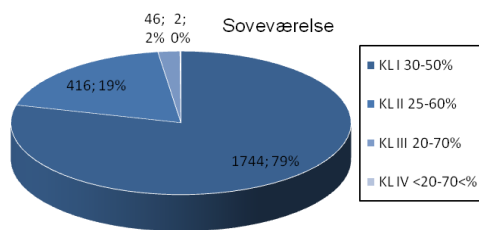
Figur 12.52: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2010.



Figur 12.53: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2010.

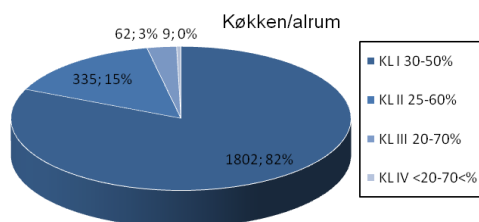


Figur 12.54: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2010.

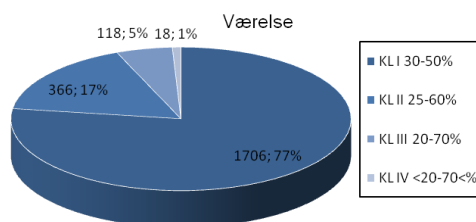


Figur 12.55: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2010.

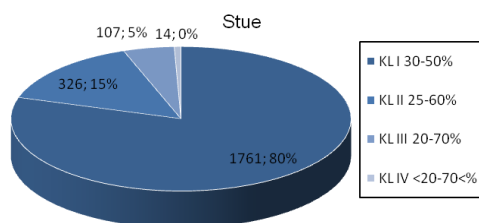
2011



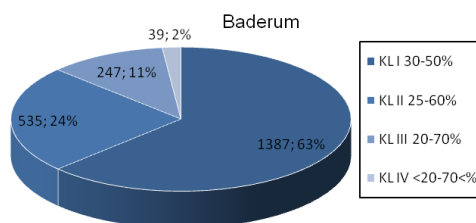
Figur 12.56: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2011.



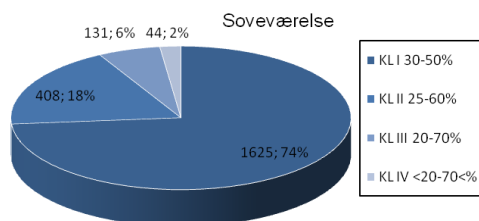
Figur 12.57: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2011.



Figur 12.58: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2011.



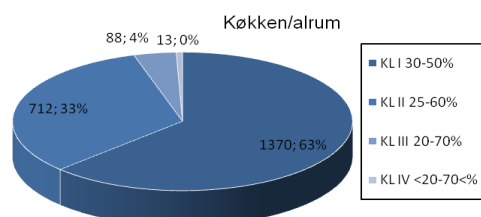
Figur 12.59: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2011.



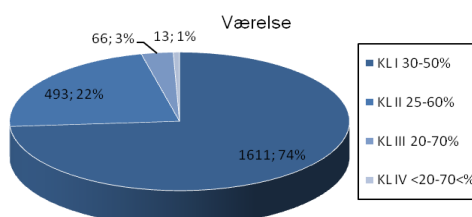
Figur 12.60: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2011.

12.1.5 Efterårssituation

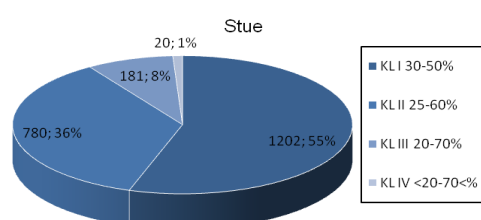
2009



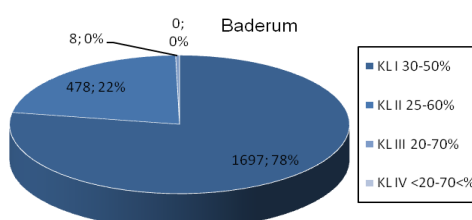
Figur 12.61: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2009.



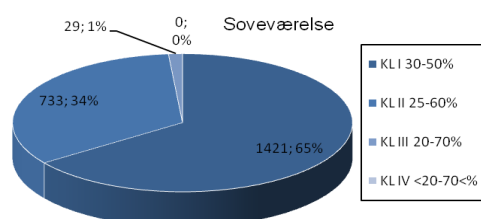
Figur 12.62: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2009.



Figur 12.63: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2009.

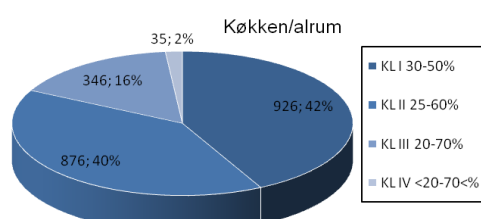


Figur 12.64: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2009.

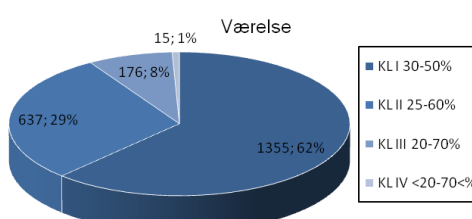


Figur 12.65: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2009.

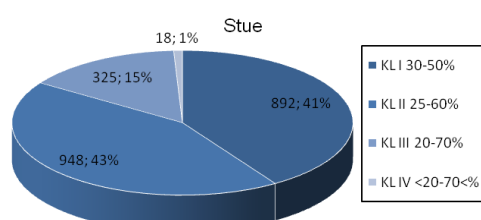
2010



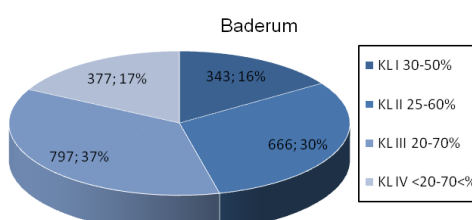
Figur 12.66: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2010.



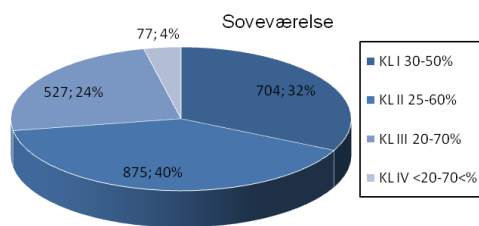
Figur 12.67: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2010.



Figur 12.68: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2010.

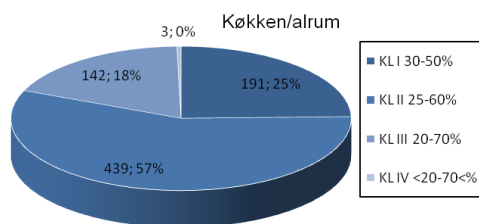


Figur 12.69: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2010.

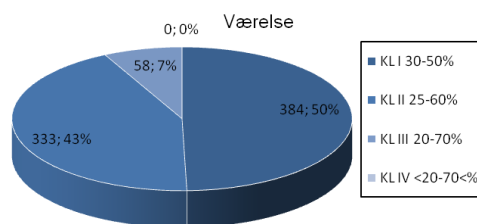


Figur 12.70: Tidfordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2010.

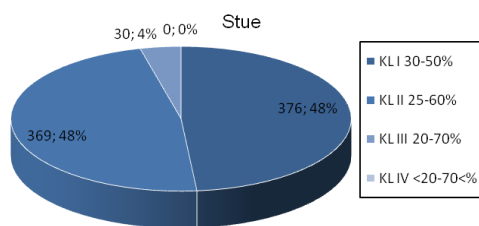
2011



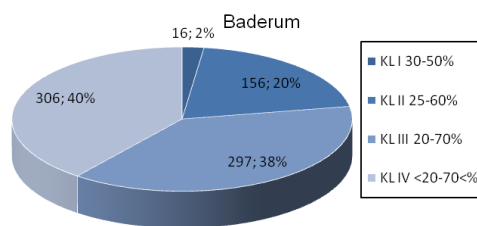
Figur 12.71: Tidfordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2011.



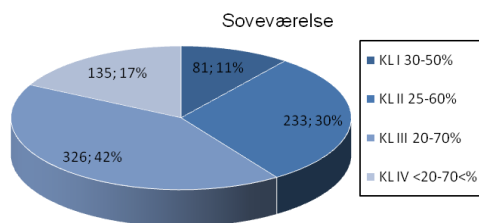
Figur 12.72: Tidfordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2011.



Figur 12.73: Tidfordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2011.



Figur 12.74: Tidfordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2011.



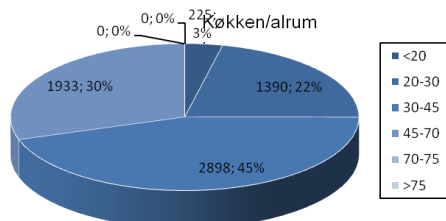
Figur 12.75: Tidfordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2011.

12.2 Cirkeldiagrammer CR1752

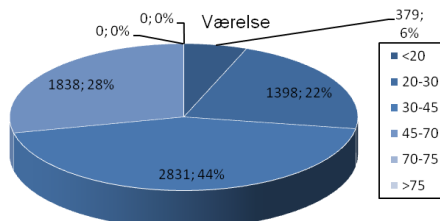
Cirkeldiagrammerne angiver hhv timer og % i hver kategori.

12.2.1 Generel situation hele året

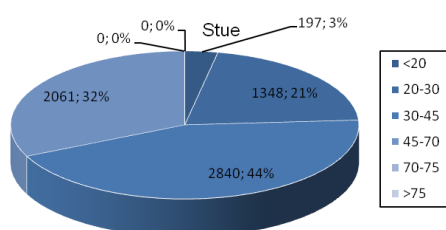
2009



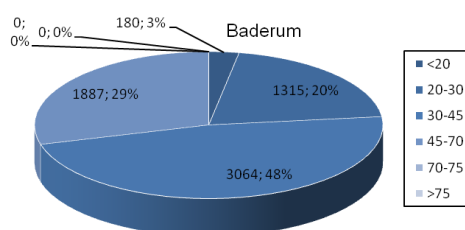
Figur 12.76: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2009.



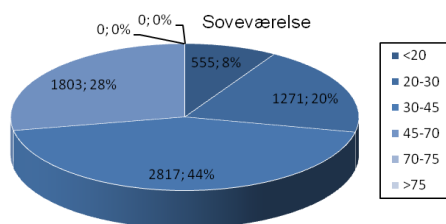
Figur 12.77: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2009.



Figur 12.78: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.

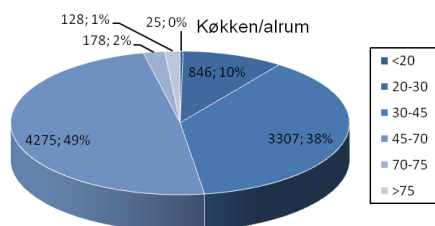


Figur 12.79: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2009.

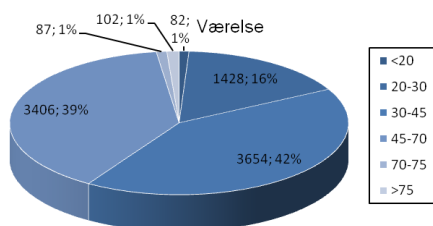


Figur 12.80: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2009.

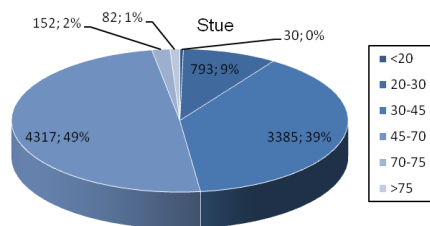
2010



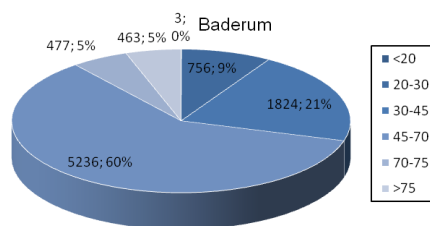
Figur 12.81: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2010.



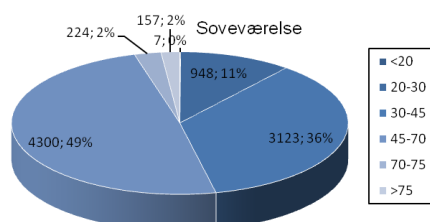
Figur 12.82: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2010.



Figur 12.83: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.

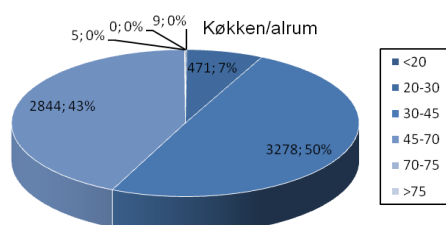


Figur 12.84: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2010.

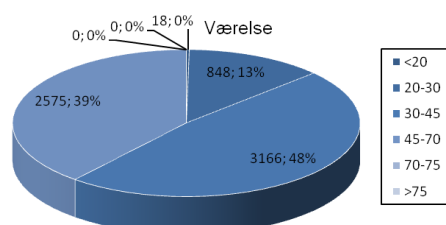


Figur 12.85: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2010.

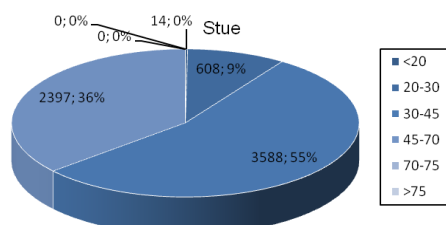
2011



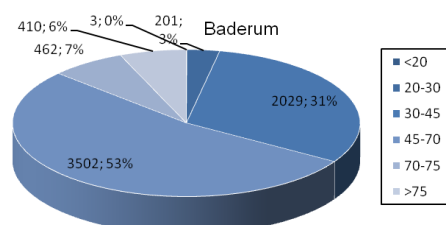
Figur 12.86: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2011.



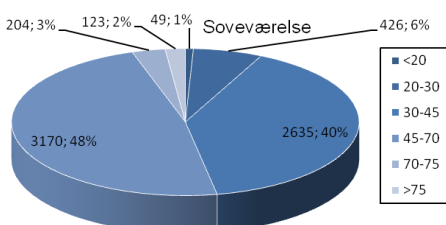
Figur 12.87: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2011.



Figur 12.88: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.



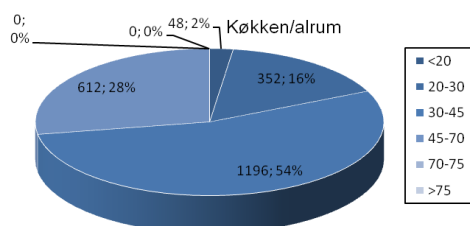
Figur 12.89: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2011.



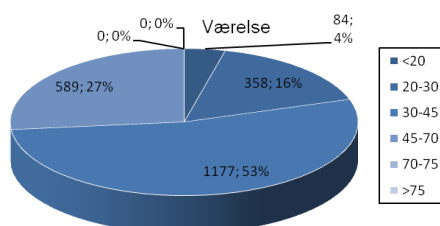
Figur 12.90: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2011.

12.2.2 Sommersituation

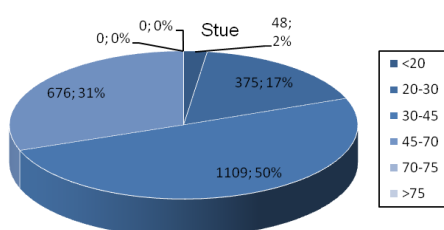
2009



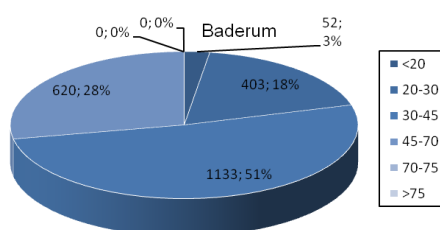
Figur 12.91: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2009.



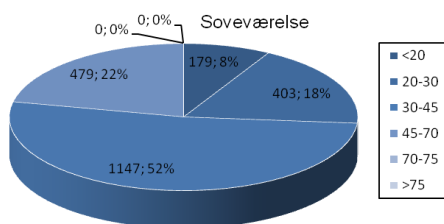
Figur 12.92: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2009.



Figur 12.93: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2009.

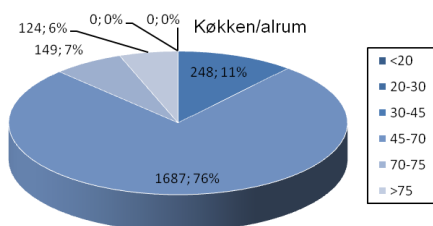


Figur 12.94: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2009.

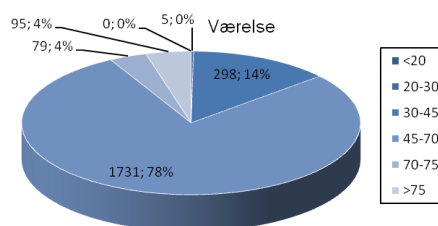


Figur 12.95: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2009.

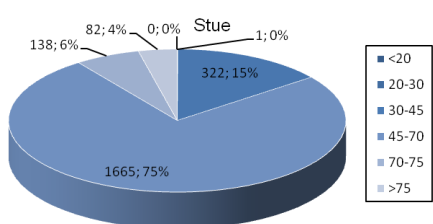
2010



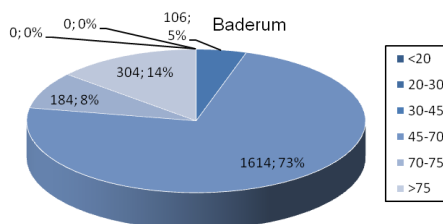
Figur 12.96: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2010.



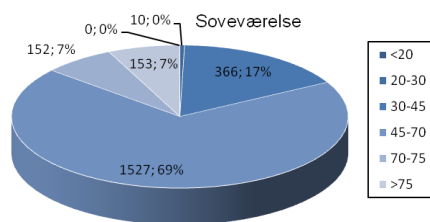
Figur 12.97: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2010.



Figur 12.98: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2010.

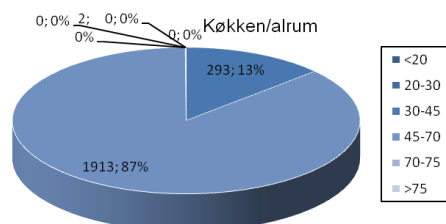


Figur 12.99: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2010.

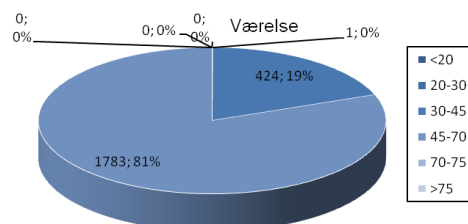


Figur 12.100: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2010.

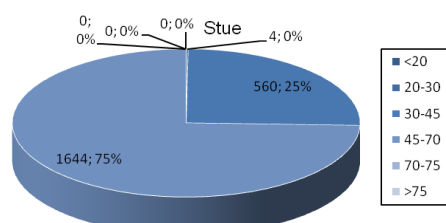
2011



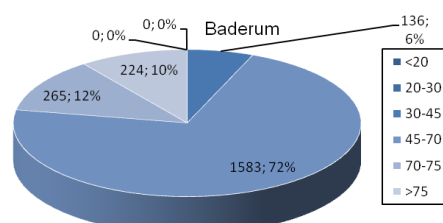
Figur 12.101: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2011.



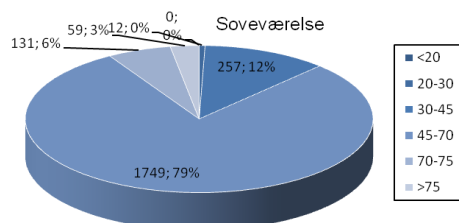
Figur 12.102: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2011.



Figur 12.103: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2011.



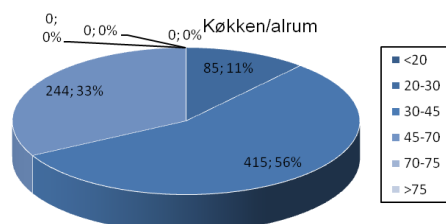
Figur 12.104: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2011.



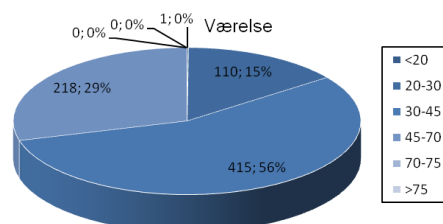
Figur 12.105: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2011.

12.2.3 Vintersituation

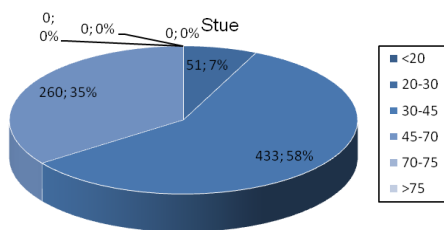
2009



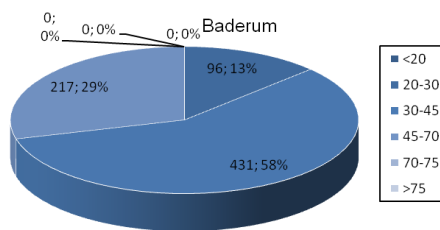
Figur 12.106: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2009.



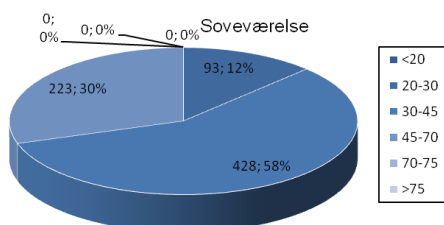
Figur 12.107: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2009.



Figur 12.108: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2009.

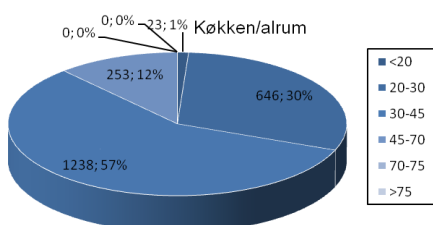


Figur 12.109: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2009.

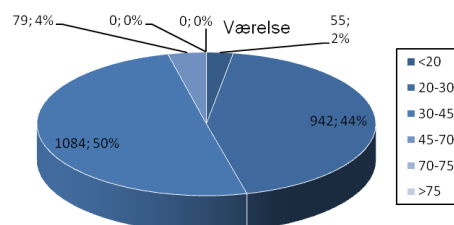


Figur 12.110: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2009.

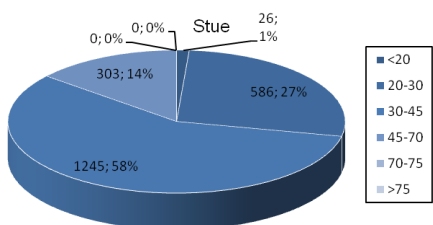
2010



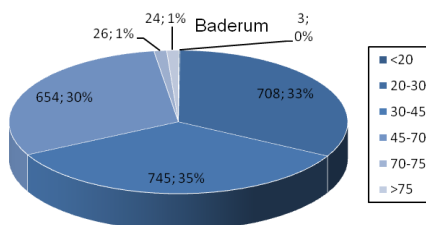
Figur 12.111: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2010.



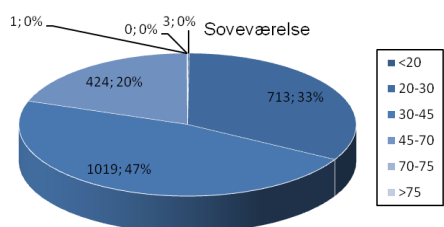
Figur 12.112: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2010.



Figur 12.113: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2010.

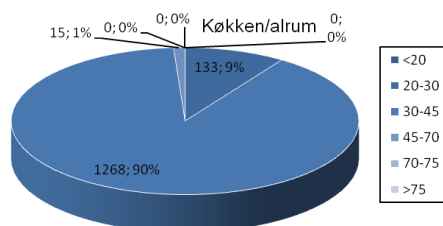


Figur 12.114: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2010.

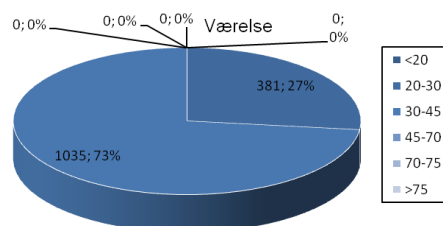


Figur 12.115: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2010.

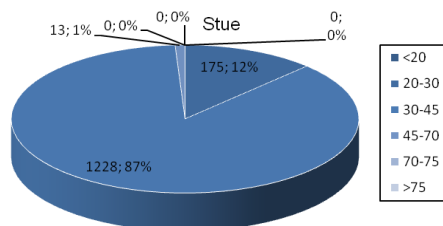
2011



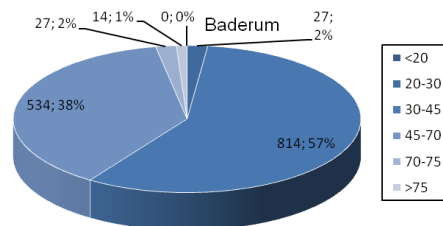
Figur 12.116: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2011.



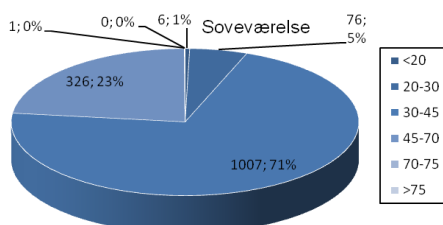
Figur 12.117: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2011.



Figur 12.118: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2011.



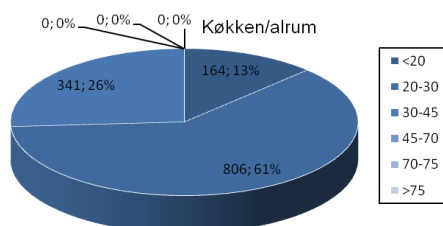
Figur 12.119: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2011.



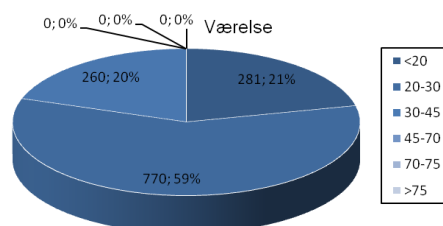
Figur 12.120: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2011.

12.2.4 Forårssituation

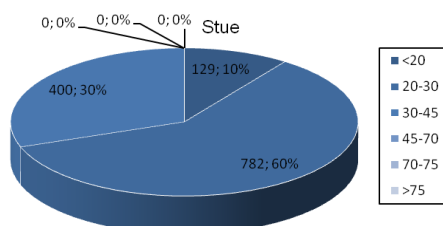
2009



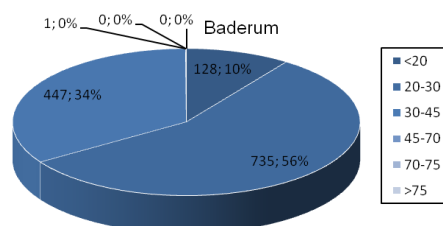
Figur 12.121: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2009.



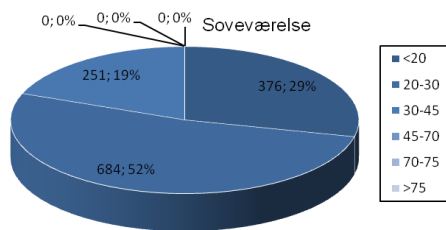
Figur 12.122: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2009.



Figur 12.123: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2009.

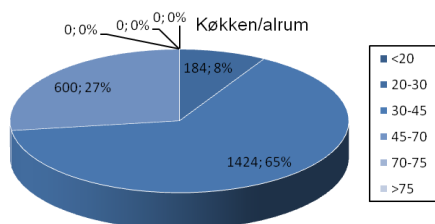


Figur 12.124: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2009.

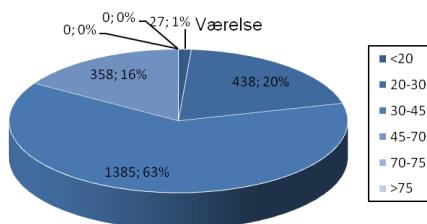


Figur 12.125: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soverum i 2009.

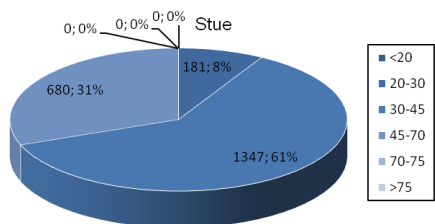
2010



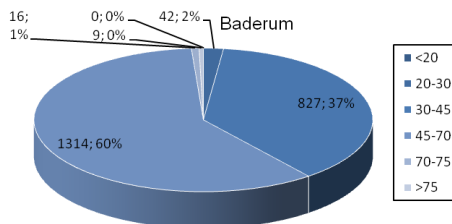
Figur 12.126: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2010.



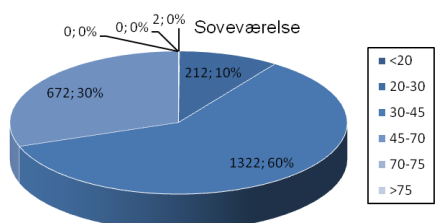
Figur 12.127: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2010.



Figur 12.128: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2010.

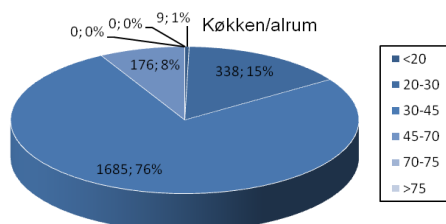


Figur 12.129: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2010.

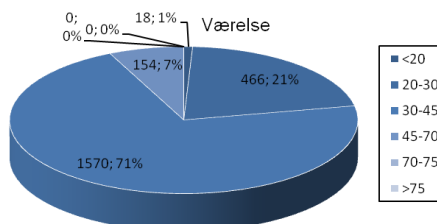


Figur 12.130: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2010.

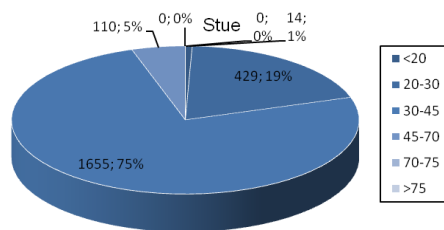
2011



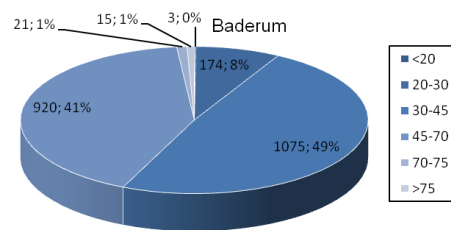
Figur 12.131: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2011.



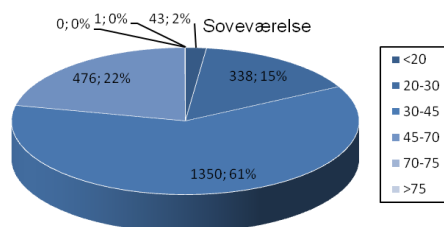
Figur 12.132: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2011.



Figur 12.133: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2011.



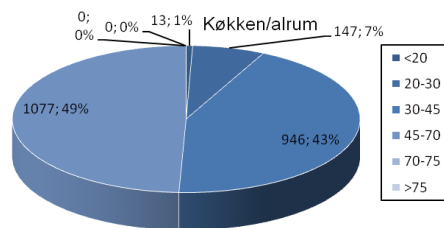
Figur 12.134: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2011.



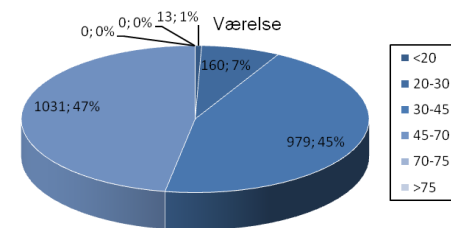
Figur 12.135: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2011.

12.2.5 Efterårssituation

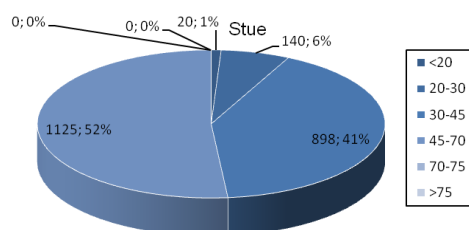
2009



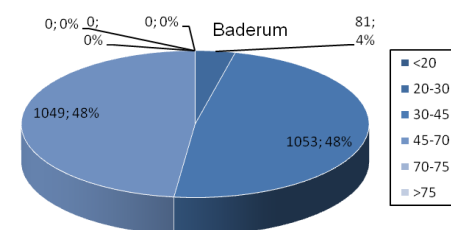
Figur 12.136: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2009.



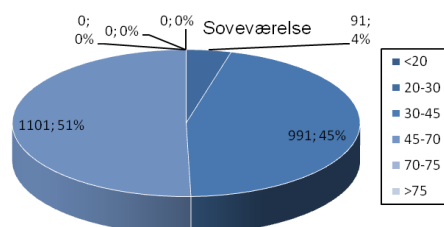
Figur 12.137: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2009.



Figur 12.138: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2009.

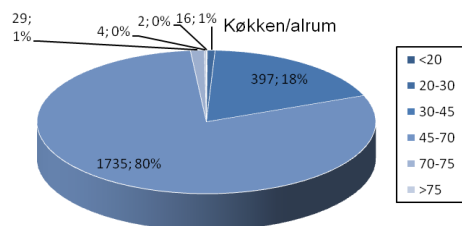


Figur 12.139: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2009.

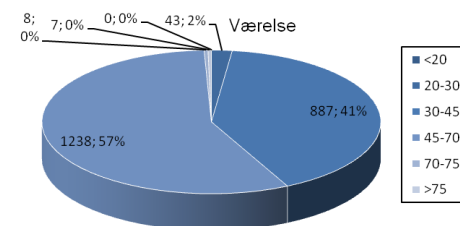


Figur 12.140: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2009.

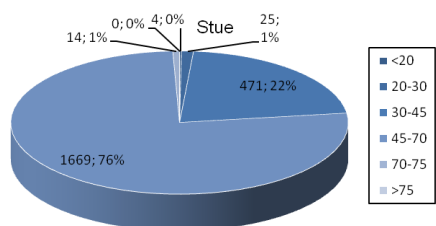
2010



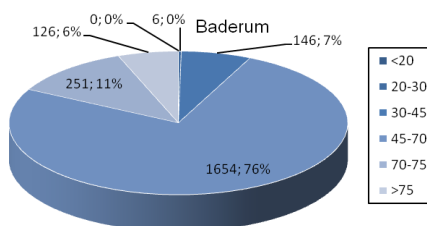
Figur 12.141: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2010.



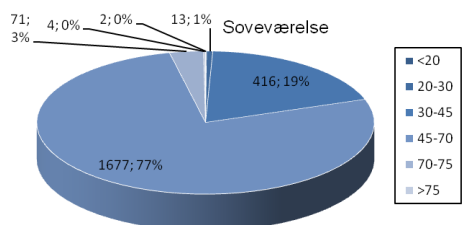
Figur 12.142: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2010.



Figur 12.143: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2010.

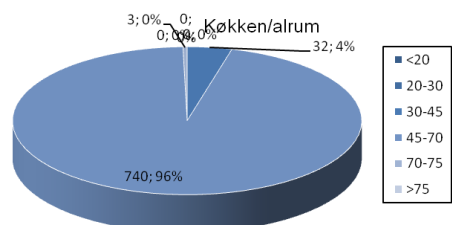


Figur 12.144: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2010.

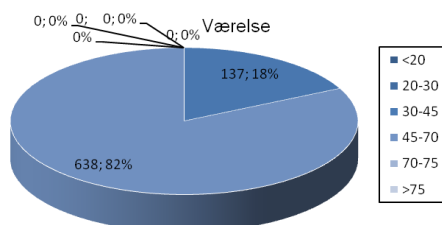


Figur 12.145: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2010.

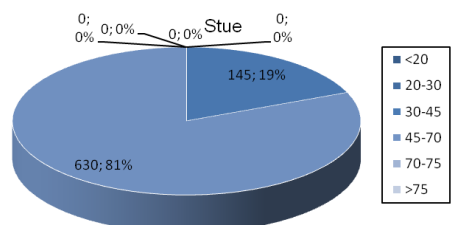
2011



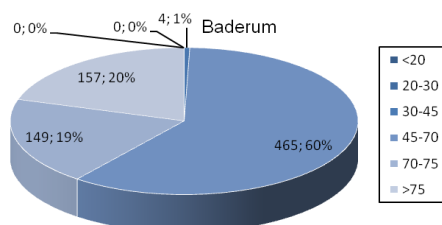
Figur 12.146: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2011.



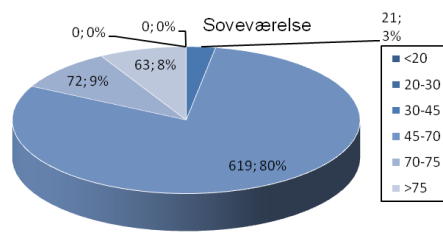
Figur 12.147: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2011.



Figur 12.148: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2011.



Figur 12.149: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2011.



Figur 12.150: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2011.

13. Bilag E: Placering af målere

TILSYNSRAPPORT NR.06

Sag: kWh-huset	Bygherre: Komforthusene
Sag nr: 07.639.1	Entreprenør: Kurt Kirkegaard A/S
Dato: 09.07.2009	Entreprise: Hovedentreprise

Bygning: Enfamilie Passivhus

Ændring ifm måleprogram koordineret via AAU.

Tilsynets bemærkninger:

1. Der har den 8. juli 2008 været afholdt møde med AAU vedr. måleprogrammet som skal indarbejdes i projektet. I den forbindelse er der fremkommet følgende ændringer/tilpasninger.
2. Der skal indarbejdes 7 bimålere og en hovedmåler for El.(monteret i el-tavle af El)
 - Hovedelmåler skal bestilles med pulsudgang
 - Bimåler 45-xx Varmepumpe ventilation
 - Bimåler 45-xx Varmepumpe gulvvarme
 - Bimåler 45-xx Cirkulationspumpe for gulvvarme
 - Bimåler 45-xx Ventilationsanlæg (ventilatore)
 - Bimåler 45-xx Håndklædetørre + 1 blænddåse 230V på stue og 1. sal.
 - Bimåler 45-xx Hvidevarer (Induktionskogeplade, varmluftovn, køleskab, emhætte (incl spjæld), køleskab, opvaskemaskine, vaskemaskine og tørretumbler)
 - Bimåler 45-xx Fornøjelses-el (mikrobølgeovn, varmeskuffer, dampovn, kaffemaskine)
3. Der skal monteres 2 evt. 3 energimålere for vvs og ventilation.
 - Energimåler 45-xx Varmt brugsvand (monteres af vvs)
 - Energimåler 45-xx Gulvvarme (monteres af vvs)
 - Energimåler 45-xx Eftervarmeplade indblæsning (monteres af Nilan)
4. Nilan skal melde tilbage om der forefindes regulerbar eftervarmeplade. Denne tilsluttes via gulvvarmekreds og modulerende motorventil. Styring via Nilan. Såfremt denne skal monteres i anlæg skal energimåler jf. punkt 3 monteres i kompaktanlægget.
5. Alle målere leveres af AAU på pladsen og placeres i eltavle og for energimåler ved teknik i brygers.
6. CO2 føler 230V flyttes på 1. sal til vidste placering i det dobbelthøje rum. El laver 230 V forsyning og forsynes via egen gruppe i tavle. CO2 føler i bad på 1. sal udgår. Dåse lukkes.

Vejrforhold:	Temp:	Vindstyrke:
	Nedbør:	Andet:
Tilsynsførende: FHJ	Sign.: BTL	Dato: 09.07.2008

NY DÅSE

KABEL TRACE



DÅSE SOM UDGÅR



